

СТАТЬИ

УДК 556:57.042

**ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ****Акатьева Т.Г.***ФГБОУ «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»,
Тюмень, e-mail: akatyevat@mail.ru*

В обеспечении городского населения продуктами питания животного происхождения одно из ведущих мест принадлежит птицеводческой промышленности как производителю продукции из мяса птицы. Вместе с тем возрастает и степень негативного влияния предприятий на компоненты окружающей среды, в том числе поступление различных загрязнений в природные водоемы со сточными водами. Очистные сооружения, в силу ряда причин, часто не справляются с очисткой стоков до нормативно установленных требований, и поэтому недостаточно очищенные сточные воды продолжают загрязнять водные объекты. В данной статье рассмотрено влияние предприятия «ПРОДО Тюменский бройлер» на качество воды оз. Каскаринское, в которое производится сброс стоков птицефабрики. Качество сточных и природных вод оценивали по результатам химического анализа и биотестирования с использованием представителей зоопланктона (ветвистоусых рачков *Daphnia magna*) и высших водных растений (ряски малой *Lemna minor* L.). Водопользование птицефабрики и поселка, на территории которого расположено предприятие, осуществляется из городского водопровода. Перед сбросом в водоем осуществляется комплексная очистка и обеззараживание сточных вод. Согласно результатам химического и микробиологического анализов сточных вод содержание соединений азота и органических веществ не соответствовало установленным требованиям. Согласно данным биотестирования воды природного водоема-приемника сточных вод, наибольшей токсичностью для гидробионтов обладали пробы, отобранные в месте сброса стоков, что проявлялось в нарушении репродуктивной функции и возрастной структуры популяции *Daphnia magna* и развитии роста *Lemna minor* L.

Ключевые слова: ПРОДО Тюменский бройлер, сточные воды, озеро Каскаринское, метод биотестирования, ветвистоусые рачки, ряска малая

**ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF NATURAL RESERVOIRS
UNDER THE INFLUENCE OF POULTRY COMPLEXES****Akateva T.G.***State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, e-mail: akatyevat@mail.ru*

One of the leading places in providing the urban population with food products of animal origin belongs to the poultry industry as a producer of poultry meat products. At the same time, the degree of negative impact of enterprises on environmental components is increasing, including the influx of various pollutants into natural bodies of water with wastewater. Wastewater treatment plants, for several reasons, often do not cope with wastewater treatment to regulatory requirements, and therefore insufficiently treated wastewater continues to pollute water bodies. This article discusses the impact of the enterprise «PRODO Tyumen broiler» on the water quality of Lake Kaskarinskoye, which discharges poultry farm effluents. The quality of wastewater and natural waters was evaluated according to the results of chemical analysis and biotesting using representatives of zooplankton – branched crustaceans *Daphnia magna* and higher aquatic plants – duckweed *Lemna minor* L. Water use of the poultry farm and the village on whose territory the enterprise is located is carried out from the city water supply. Before discharge into the reservoir, a comprehensive treatment and disinfection of wastewater is carried out. According to the results of chemical and microbiological analyzes of wastewater, the content of nitrogen compounds and organic substances did not meet the established requirements. According to the biotesting of water from a natural sewage water reservoir, samples taken at the place of sewage discharge had the greatest toxicity for hydrobionts, which manifested itself in a violation of the reproductive function and age structure of the *Daphnia magna* population and the development of growth of *Lemna minor*.

Keywords: PRODO Tyumen broiler, wastewater, Lake Kaskarinskoye, biotesting method, branched crustaceans, small duckweed

В настоящее время крупные птицеводческие комплексы являются предприятиями различного направления (по производству мяса и яиц) и различной мощности; продолжается проектирование и строительство новых объектов практически во всех регионах России [1]. Вместе с тем птицеводческие комплексы становятся мощным фактором негативного воздействия на окружающую среду в результате накопления

в них огромного количества птичьего помета и промышленных стоков [2]. Одной из важнейших проблем промышленного птицеводства является разработка эффективных систем защиты водных экосистем от негативного воздействия стоков с территории птицеводческого комплекса (ПК), включая и полигоны для хранения птичьего помета. Поверхностные сточные воды ПК, сформированные на данных территориях,

по степени загрязненности органическими веществами превосходят хозяйственно-бытовые. Воздействие загрязненных пометом сточных вод на водоемы выражается в повышении содержания биогенов, которые способствуют процессу эвтрофикации. При таком состоянии водоем постепенно утрачивает способность к самоочищению [3].

В Тюменской области отрасль птицеводства представлена тремя птицефабриками, специализирующимися на производстве яиц (Боровская и Пышминская) и выращивании кур-бройлеров мясного направления (АО «ПРОДО Тюменский бройлер»).

Цель данной работы заключалась в изучении влияния сточных вод птицефабрики АО «ПРОДО Тюменский бройлер» на состояние водоема – приемника стоков, оз. Каскаринское. Для этого были поставлены следующие задачи:

- охарактеризовать качество сточных вод;
- изучить качество воды природного водоема методом биотестирования.

Материалы и методы исследования

Предприятие АО «ПРОДО Тюменский бройлер» основано в 2004 г., входит в группу «ПРОДО» – один из крупнейших российских производителей продукции из мяса птицы, колбасных изделий, полуфабрикатов, мясных деликатесов и молочных продуктов. [4]. Производственный комплекс обеспечивает качественной продукцией жителей Тюменской области, включая автономные округа. Водоснабжение предприятия осуществляется за счет подземных вод.

На канализационные очистные сооружения птицефабрики поступают как производственные и ливневые сточные воды, так и хозяйственно-бытовые стоки с. Каскара. Очистка сточных вод производится механическим и биологическим методами, затем, после обеззараживания, они поступают в оз. Каскаринское, расположенное на восточной окраине с. Каскара, в левобережной пойме р. Туры. Длина водоема – 2,2 км, ширина в межень – 50–80 м, средняя глубина – 1,5 м, площадь зеркала воды – 0,15 км². Это проточный водоем: в северо-восточной его части в него впадает р. Капланка, в юго-западной из озера вытекает временный ручей, по которому вода при наполнении вытекает в р. Туру [5].

Для проведения исследований были взяты пробы сточных вод (до и после очистки) и воды оз. Каскаринское, отобранные выше и ниже места сброса стоков. О качестве воды судили по результатам химического

анализа, определяя содержание основных загрязняющих веществ [6] и биотестирования [7, 8].

При использовании в качестве тест-объекта рачков *Daphnia magna* в сосуды с испытуемой водой помещали по 10 особей и экспонировали 4 (острые опыты) и 20 (хронические опыты) суток. Критериями токсичности являлись выживаемость и плодовитость рачков. Молодь, появившуюся в течение эксперимента, отсаживали в емкости с отстоянной водой, имевшиеся для каждого варианта опыта. По окончании срока наблюдений производили подсчет количества рачков в разных размерных группах и общую численность популяции, сформировавшейся за период наблюдений.

Для экспериментов с ряской малой *Lemna minor* L. растения отбирались из природного водоема, в течение 7–10 дней проходили акклиматизацию в лабораторных условиях: при комнатной температуре и достаточной освещенности, со сменой воды каждые 2–3 суток для удаления продуктов метаболизма. Затем в стеклянные сосуды емкостью 100 мл наливали исследуемую воду и помещали по 5 двухщитковых растений в трехкратной повторности. О токсичности анализируемых проб воды судили по выживаемости и изменению морфометрических показателей (длины, количества корней и щитков) ряски. Длительность хронического опыта 20 суток. При проведении экспериментов в качестве контроля использовали отстоянную водопроводную воду.

По окончании экспериментов была проведена математическая обработка результатов методом вариационной статистики [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Характер загрязнения сточных вод выпуска определяется теми технологическими процессами, в которых вода участвует перед сбросом. В данном случае это хозяйственно-бытовые стоки с. Каскара (42% от общего объема сточных вод), производственные сточные воды АО «ПРОДО Тюменский бройлер» (50%) и ливневые сточные воды с территории птицефабрики (8%). Хозяйственно-бытовые стоки являются стандартными, без внесения специфических примесей, производственные сточные воды содержат стоки от мясоперерабатывающих цехов птицефабрик, котельных, от складов ГСМ и автотранспорта.

Сточные воды, поступающие на канализационные очистные сооружения, перед

сбросом в оз. Каскаринское проходят предварительную биологическую очистку. Тем не менее результаты химического анализа показали значительное превышение нормативов по биохимическому потреблению кислорода (БПК) – в 1,8–3,2 раза, что свидетельствует об органическом загрязнении воды и расходовании кислорода на его минерализацию. Кроме этого, во всех исследованных пробах отмечались повышенные количества соединений азота и фосфатов.

Данные гидрохимических исследований качества воды водоема – приемника сточных вод показали, что наибольшее количество загрязняющих веществ (аммоний, нитраты, сульфаты, фосфаты и хлориды – в 3,2–4,9 раза выше ПДК) наблюдалось в месте сброса стоков. Однако и в пробе воды, отобранной ниже сброса, сохраняются значительные количества аммония и фосфатов (в 3,2–4,2 раза выше ПДК), что может свидетельствовать о низкой самоочищающей способности водоема (рис. 1).

Высокое содержание соединений азота, вероятно, связано со спецификой производства: в процессе жизнедеятельности птиц образуются продукты метаболизма, содержащие в том числе и аммиак. Аналогичные результаты были получены нами в исследованиях влияния других птицефабрик региона на природные водоемы, в частности птицефабрики «Пышминская», где было установлено, что при сбросе стоков в р. Цынга повышенным остается содержание соединений азота [2].

Результаты биотестирования воды из оз. Каскаринское показали, что наибольшей токсичностью для рачков *Daphnia magna* обладала проба, отобранная ниже выпуска сточных вод: гибель рачков к четвертым суткам (острый опыт) составила 40%. В пробе, взятой выше сброса, выживаемость дафний в сравнении с контролем снизилась незначительно, однако при продлении эксперимента гибель рачков возросла и к двадцатым суткам опыта составила 20–36%. Токсический эффект проб проявился и в нарушении эмбрионального развития рачков: смещении сроков наступления половозрелости и снижении общего количества молодежи. По окончании исследований произвели учет и измеряли размеры тела рачков, появившихся в популяции в течение эксперимента. Во всех вариантах опыта наибольшее число рачков отмечалось во второй размерной группе, что соответствует 2–4-суточному возрасту. Затем по численности следовала группа взрослых, половозрелых особей. Наименьшим было количество новорожденных рачков. Как видим, в сравнении с контролем существенных отличий в структуре популяции рачков не выявлено, не нарушена общая картина возрастного состава. Тем не менее новорожденных особей оказалось значительно меньше, чем представителей других возрастных групп, что может сказаться на дальнейшем существовании сформировавшейся популяции дафний (рис. 2).

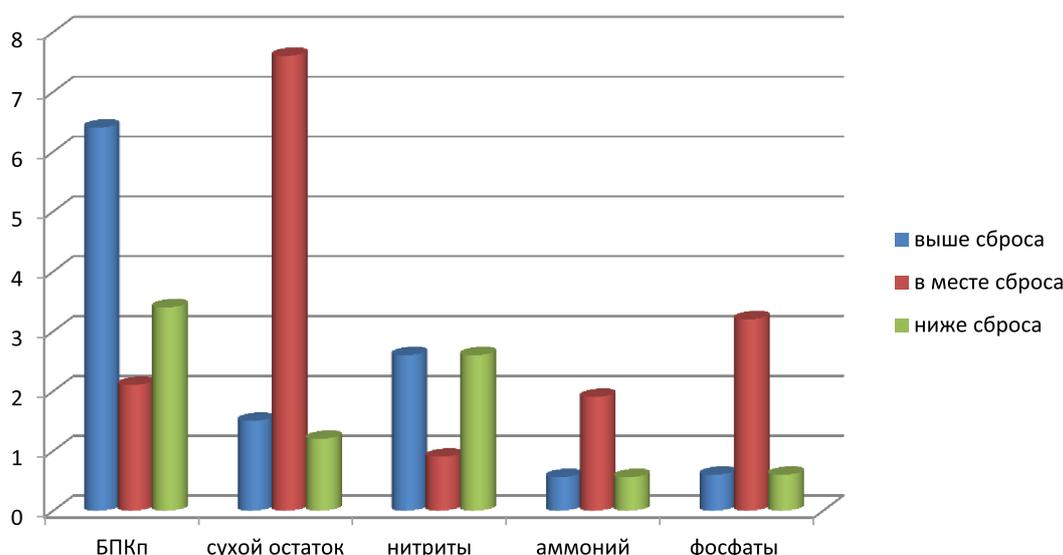


Рис. 1. Содержание загрязняющих веществ (относительно ПДК, раз) в контрольном створе оз. Каскаринское

В ранее проведенных нами исследованиях качества сточных вод с использованием *Daphnia magna* [10] наблюдали подобный эффект: токсическое действие сточной воды проявлялось не только в снижении выживаемости, но и репродуктивной функции рачков в ряду поколений, проявляющееся в появлении и общем количестве молоди в течение эксперимента. Несмотря на то, что в начале опыта рачки материнской культуры обладали высокой плодовитостью в сравнении с другими поколениями, к концу эксперимента репродуктивные возможности дафний снижались до полного прекращения размножения.

Результаты биотестирования с использованием ряски малой *Lemna minor* свидетельствуют о наибольшем негативном воздействии на вегетативное развитие растений из пробы воды, взятой в *месте сброса* сточных вод: отклонения биометрических измерений отличались от контрольных значений на 16 (количество щитков) – 22 (длина корней)%. Новые листочки в этой пробе на про-

тяжении опыта развивались медленнее, чем в остальных пробах. Вероятно, это связано с повышенными концентрациями загрязняющих веществ в данной точке отбора в сравнении с другими пунктами наблюдений.

Наиболее благоприятной для развития ряски малой оказалась проба воды, взятая *выше сброса сточных вод*. За весь период опыта в этой пробе наблюдалось достаточно быстрое развитие новых листочков и образование корней. Длина и количество корешков были незначительно ниже либо на уровне контроля, но превышали аналогичный показатель растений из других анализируемых проб.

Морфологические показатели растений в пробах воды, отобранной *ниже сброса*, были либо недостоверными (длина корней и щитков), либо находились на уровне контроля (количество щитков и корней). Это может свидетельствовать о разбавлении сточной воды природными водами оз. Каскаринское (таблица).

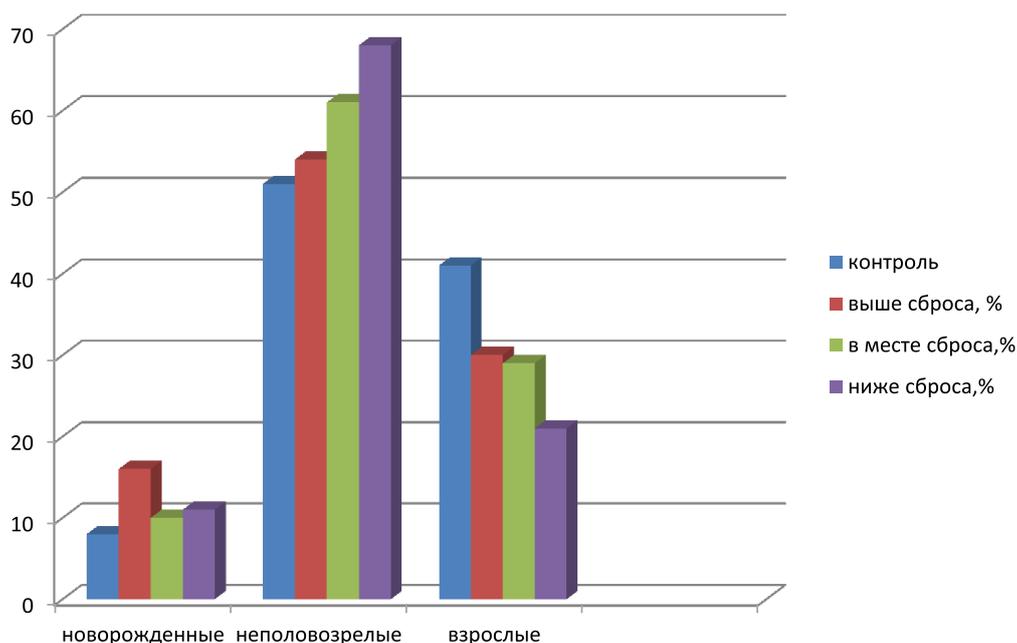


Рис. 2. Возрастной состав популяции *Daphnia magna*, сформировавшейся в течение эксперимента (в каждом варианте опыта, %)

Влияние вод озера Каскаринское на морфологические показатели ($X \pm m$) ряски малой *Lemna minor*

Тест-функция	Пробы воды			
	контроль	выше сброса	в месте сброса	ниже сброса
Количество щитков, шт.	$4,70 \pm 0,33$	$4,80 \pm 0,22$	$4,00 \pm 0,67$	$4,50 \pm 0,71$
Длина щитков, мм	$5,50 \pm 0,38$	$5,10 \pm 0,31$	$4,40 \pm 0,25$	$4,60 \pm 0,54$
Количество корней, шт.	$5,00 \pm 0,34$	$5,00 \pm 0,23$	$4,00 \pm 0,50$	$4,70 \pm 0,42$
Длина корней, см	$7,40 \pm 0,54$	$6,80 \pm 0,40$	$5,85 \pm 0,32$	$6,25 \pm 0,38$

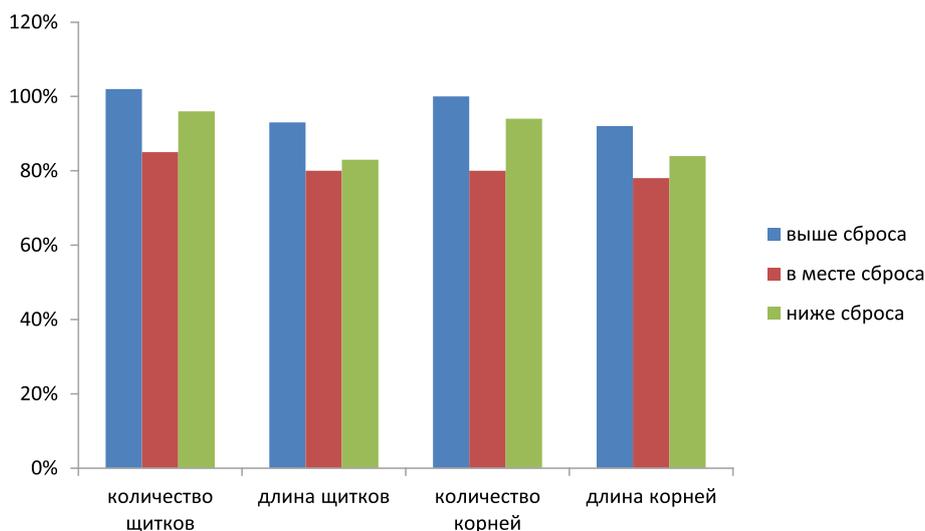


Рис. 3. Изменение морфологических показателей (% к контролю) ряски малой *Lemna minor*

Таким образом, сравнительный анализ влияния сточных вод птицефабрики на развитие ряски малой, представителя высшей водной растительности, выявил нарушение функциональных показателей растений, в сравнении с другими точками отбора, в пробах воды, взятых в месте сброса стоков (рис. 3).

Выводы

1. Сточные воды предприятия более всего загрязнены аммонием, природные воды – азотсодержащими веществами и фосфатами. Во всех пробах отмечалось значительное содержание органики, о чем свидетельствовали повышенные значения БПК.

2. Вода водоема – приемника стоков нарушала возрастную структуру лабораторной популяции рачков *Daphnia magna*, что в дальнейшем может сказаться на продолжительности её существования.

3. Наибольшую токсичность относительно роста и развития ряски проявляла проба воды, взятая в месте сброса стоков, проявляющаяся в изменении морфологических показателей растений.

4. Более чувствительными тест-функциями *Lemna minor* оказались длина и количество корней.

Список литературы

1. Васильева Н.В. Экоотоксикологическая оценка воздействия птицеводческих комплексов на окружающую природную среду. автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владимир, 2006. 28 с.
 Vasileva N.V. Ecotoxicological assessment of the impact of poultry complexes on the environment. autoref. dis. ... kand. biol. nauk. Vladimir, 2006. 28 p. (in Russian).
 2. Акатьева Т.Г. Качество сточных вод птицефабрики «Пышминская» Тюменской области // Сборник статей между-

народной научно-практической конференции (Пенза, 23 октября 2017 г.). Пенза: Наука и Просвещение, 2017. С. 44–46.

Akateva T.G. The quality of wastewater poultry «Pyshminskaya» Tyumen region // Collection of articles of the International scientific-practical conference (Penza, October 23, 2017). Penza: Nauka i Prosvetsheniye, 2017. P. 44–46 (in Russian).

3. Шаравьев П.В., Неверова О.П., Ильясов О.Р., Шкуратова И.А. Биоиндикация состояния водных экосистем в зоне птицефабрики // Аграрный вестник Урала. 2013. № 4 (110). С. 67–69.

Sharaviev P.V., Neverova O.P., Ilyasov O.R., Shkuratova I.A. Bioindication of the state of aquatic ecosystems in the poultry area // Agrarnyy vestnik Urals. 2013. № 4 (110). P. 67–69 (in Russian).

4. ПРОДО Тюменский Бройлер. [Электронный ресурс]. URL: <https://troekurovo.ru/manufacture/tyumenskiy-broyler> (дата обращения: 14.06.2020) (in Russian).

PRODO Tyumen Broiler. [Electronic resource]. URL: <https://troekurovo.ru/manufacture/tyumenskiy-broyler> (date of access: 14.06.2020) (in Russian).

5. Лезин В.А. Озёра и реки южной части Тюменской области: словарь-справочник. Тюмень: Изд. ТГУ, 2018. 244 с.

Lezin V.A. Lakes and rivers of the southern part of the Tyumen region: a dictionary. Tyumen': Izd. TGU, 2018. 244 p. (in Russian).

6. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 2. Ростов-на-Дону: Изд. ЮФУ, 2012. 720 с.

Guidelines for the chemical analysis of land surface waters. Part 2. Rostov-na-Donu: Izd. YuFU, 2012. 720 p. (in Russian).

7. РД 52.24-868 2017 Использование методов биотестирования воды и донных отложений водотоков и водоемов. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2017. 64 с.

8. Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / Под ред. О.Ф. Филенко, С.А. Соколовой. М.: ВНИРО, 1998. 145 с.

Guidelines for the establishment of environmental – fisheries standards (MPC and SHOE) of pollutants for water of water bodies of fishery value / ed. O.F. Filenko, S.A. Sokolova. M.: VNIRO, 1998. 145 p. (in Russian).

9. Зверев А.А., Зефирова Т.Л. Статистические методы в биологии: учебно-методическое пособие. Казань: КФУ, 2013. 42 с.

Zverev A.A., Zefirova T.L. Statistical methods in biology: a teaching aid. Kazan': KFU, 2013. 42 p. (in Russian).

10. Акатьева Т.Г. Изучение качества сточных вод предприятия «Жилищно-коммунальное хозяйство п. Боровский» с помощью *Daphnia magna* // Сборник трудов конференции (Воронеж, 04–06 октября 2017 г.). Воронеж: Научная книга, 2017. С. 278–282.

Akateva T.G. The study of the quality of wastewater of the enterprise «Housing and communal services p. Borovsky» with *Daphnia magna* // Conference proceedings (Voronezh, October 04–06, 2017). Voronezh: Nauchnaya kniga, 2017. P. 278–282 (in Russian).