

Для цитирования: Экономика региона. — 2015. — № 3. — С. 266-278

doi 10.17059/2015-3-22

УДК 574.5 + 597-15 + 556

В. Д. Богданов, Л. Н. Степанов, Е. Н. Богданова, И. П. Мельниченко, М. И. Ярушина

Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург, Российская Федерация)

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ КРУЗЕНШТЕРНСКОГО ГКМ¹

В статье представлены результаты исследований современного состояния пресноводных экосистем и их биотических компонентов в западной части полуострова Ямал. На основе оценки структуры сообществ фитопланктона, зоопланктона, бентоса и рыб определен круг проблем, связанных с охраной биоресурсов при обустройстве Крузенштернского месторождения газа. Полученные данные по видовому составу и количественным показателям развития гидробионтов разнотипных водоемов и водотоков в бассейнах нижнего течения рек Мордыахи и Надуйахи являются отправной

¹ © Богданов В.Д., Степанов Л.Н., Богданова Е.Н., Мельниченко И.П., Ярушина М.И. Текст. 2015.

точкой экологического мониторинга состояния водных объектов при обустройстве и эксплуатации Крузенштернского месторождения газа.

В соответствии с программой мониторинга выполнена оценка современного состояния ихтиофауны и кормовой базы рыб на территории Крузенштернского газоконденсатного месторождения (ГКМ). К наиболее важным для рыб участкам на территории Крузенштернского ГКМ следует отнести дельтовую зону, где происходит нагул особо ценных видов лососевых и сиговых рыб. Качественные и количественные перестройки в сообществах гидробионтов после прекращения работ обратимы в тех случаях, когда полного изъятия водоемов и водотоков под строительство объектов ГКМ не происходит. Восстановление речных экосистем происходит за более короткий период времени, чем озерных.

На основании проведенных комплексных исследований представлены предложения по охране рыбных ресурсов и мониторингу водных экосистем. Даны рекомендации по снижению антропогенного воздействия на водные экосистемы при проведении строительных работ в период обустройства месторождения. Результаты исследований использованы при разработке природоохранных разделов проекта обустройства Крузенштернского месторождения. В настоящее время существующие антропогенные нарушения среды на территории Крузенштернского месторождения не оказывают отрицательного влияния на водные экосистемы.

Ключевые слова: Крузенштернское газоконденсатное месторождение, водные экосистемы, зоопланктон, фитопланктон, зообентос, ихтиофауна, сиговые рыбы, антропогенное воздействие

Введение

Ямал является одним из важнейших стратегических нефтяных и газоносных районов России. Промышленное освоение месторождений полуострова и прилегающих акваторий имеет принципиальное значение для обеспечения роста российской добычи нефти и газа. Именно с этим регионом связывают дальнейшее экономическое развитие страны.

Активное освоение территорий Крайнего Севера грозит и негативными последствиями. В первую очередь это касается хрупкого равновесия северных экосистем. В условиях активного антропогенного воздействия при разведке, освоении и эксплуатации нефтегазовых месторождений под угрозой сокращения численности и исчезновения могут оказаться многие виды флоры и фауны. Возможно сокращение площадей ареалов, нарушение миграционных путей животных и жизненно важных для них биотопов.

В системах оценки экологического состояния экосистем, методологии проведения мониторинга во многих государствах Европы и мира происходит переход от физико-химического контроля к биологическому, основанному на исследовании структурно-функциональной организации различных компонентов биоты.

Важной задачей в ходе освоения и эксплуатации месторождений является минимизация негативных воздействий на водные экосистемы. Для ее решения необходимо, во-первых, определить фоновое состояние экосистем на территориях разработки будущих месторож-

дений до начала работ, во-вторых — разработать комплекс рекомендаций по минимизации негативного влияния антропогенного воздействия на биоту, в-третьих — проводить регулярные мониторинговые наблюдения за состоянием гидробионтов и рыбного населения на протяжении всех этапов освоения и эксплуатации месторождений.

На сопредельной с Крузенштернским месторождением территории в процессе обустройства Бованенковского месторождения уже на первых этапах было оказано негативное воздействие на водные экосистемы [1], которое выразилось в основном в загрязнении, изоляции или уничтожении пойменных водоемов, в значительном снижении численности рыб из-за браконьерского лова. В настоящее время освоение Крузенштернского месторождения еще не началось, но антропогенное влияние уже определяется транспортом грузов с побережья Карского моря на Бованенковское месторождение водным и наземным транспортом, а также выпасом домашних оленей.

Цель работы заключалась в оценке состояния ихтиофауны, фитопланктона, зоопланктона и зообентоса водоемов и водотоков береговой части территории Крузенштернского месторождения до начала его освоения, в определении рыбохозяйственного значения рек и озер, в оценке возможного воздействия на гидробионтов работ, проводимых при обустройстве и эксплуатации месторождения.

Работа выполнена в рамках проекта Президиума РАН №31 «Роль пространства в

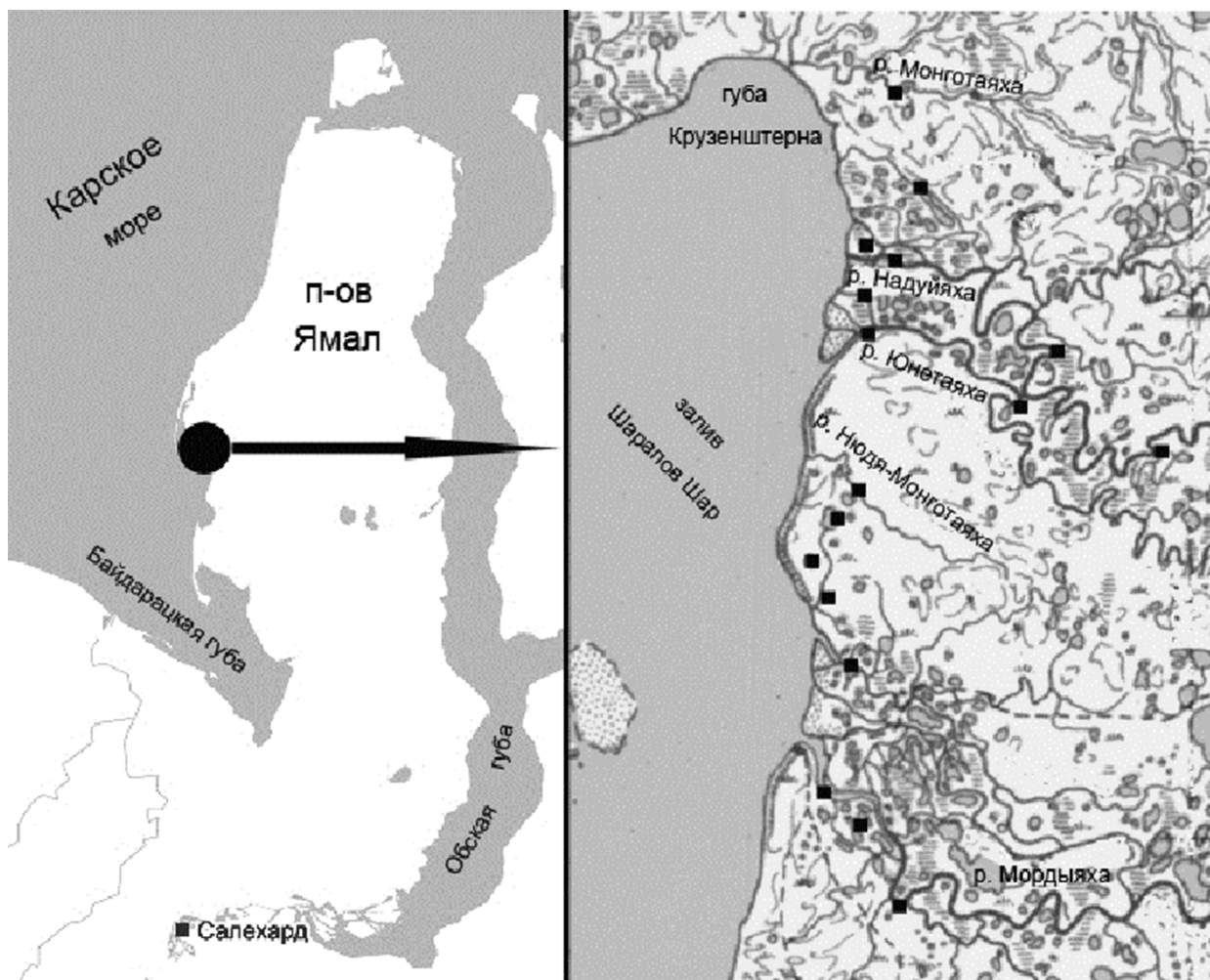


Рис. Карта-схема отбора гидробиологических проб (■ — места взятия проб)

модернизации России: природный и социально-экономический потенциал».

Оценка состояния гидробионтов выполнена на основании экспедиционных исследований ИЭРиЖ УрО РАН, проведенных в 2013 г., с использованием материалов 1990–1995 гг., частично опубликованных [1]. Сбор гидробиологического и ихтиологического материала проведен в водоемах различного типа в бассейнах нижнего течения рек Мордыяхи и Надуйяхи: N 70° 27' 00,4" E 67° 20' 16,2" и N 70° 45' 31,7" E 67° 27' 05,3" (рис.).

Литературные данные о развитии планктона и бентоценозов в приливно-отливных зонах рек Ямала, отличающихся особыми условиями, крайне ограничены, поэтому работы, проведенные нами, в некоторой степени восполняют этот пробел.

Крузенштернское газоконденсатное месторождение расположено в западной части среднего Ямала. Река Мордыяха берет начало из оз. Ямбута и при впадении в Карское море образует дельту. Длина реки 300 км, площадь бассейна 8530 км². Река Надуйяха имеет

длину водостока 271 км и площадь водосбора 2890 км², стекает с центральной Ямальской водораздельной возвышенности и впадает в залив Шарапов Шар. Реки имеют сложную дельту и подвержены на большом протяжении (60–70 км) приливно-отливным и сгонно-нагонным явлениям. Питание рек и озер атмосферное, сток — поверхностный, коэффициент стока — 0,8. По гидрохимическому составу вода в реках пресная, слабominерализованная. Наибольшие расходы воды наблюдаются в половодье, наименьшие — в период зимней межени. Основной фазой водного режима является весеннее половодье, приходящееся на июнь-июль. Подъем уровней в половодье достигает абсолютных отметок 5 м. Летне-осенняя межень характеризуется малой водностью и продолжается до сентября. Замерзание рек происходит в начале октября. Наибольшая толщина льда достигает 1,7 м (март — апрель). Продолжительность ледостава в среднем 250 дней [2]. Начало ледохода приходится на вторую половину июня. Сток воды зимой практически равен нулю

из-за прекращения грунтового стока и промерзания перекаатов.

На береговой части Крузенштернского месторождения к основным участкам, используемым рыбами при нагуле и миграциях, относятся русла рек, проток и связанных с ними мелководий. Большинство имеющихся здесь озер мелководны и перемерзают, в связи с чем не имеют значения для рыбного хозяйства. Реки являются основными миграционными путями при сезонном распределении рыб с целью более эффективного использования кормовых ресурсов и избегания воздействия неблагоприятных внешних факторов (например, замора).

Результаты и обсуждение

Фитопланктон. В функционировании водных экосистем большое значение имеет фитопланктон — первичное звено потоков энергии, продуцент автохтонного органического вещества, важный агент самоочищения и фотосинтетической аэрации воды. Фитопланктон широко используется для биоиндикации экологического состояния водоемов в странах Европы. Планктонные водоросли являются репрезентативными биологическими индикаторами качества водной среды, которые способны реагировать на самые незначительные изменения в экосистеме, не обнаруживаемые другими методами исследования. Любые изменения характеристик основного первичного продуцента оказывают непосредственное влияние на формирование потоков энергии и все последующие звенья трофической цепи.

Фитопланктон соответствует основным требованиям, предъявляемым к биоиндикаторам: отличается высоким таксономическим и экологическим разнообразием, широко распространен в водных объектах разных типов, а его структурные и функциональные показатели тесно связаны с экологическими факторами. Фитопланктон также является одним из биологических элементов оценки экологического состояния водных объектов согласно Водной рамочной директиве 2000/60/ЕС.

Флора водорослей обследованных рек, проток и озер включает 213 видов, разновидностей и форм из 8 отделов: *Cyanophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Chrysophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta*, *Xanthophyta*, *Euglenophyta*. Основу видового списка составляют диатомовые (49,8 %), зеленые (26,3 %) и синезеленые водоросли (12,7 %). В составе фитопланктона выявлен высокий процент мало видовых родов, что характерно для альгофлор высоких широт [3, 4].

В реках выявлено 152 видовых и внутривидовых таксона, в протоках — 56. Видовое разнообразие определяют диатомовые и зеленые хлорококковые. Встречаются солоноватоводные виды водорослей рода *Nitzschia* и *Gyrosigma scalpoides* (Rabenhorst) Cleve. В протоках численность фитопланктона изменяется от 844 до 3970 тыс. кл/л., биомасса — от 208 до 334 мг/м³. В реках биомасса водорослей варьирует в более широких пределах: 56–478 мг/м³, численность изменяется от 3012 до 6616 тыс. кл/л. Количественные показатели альгоценозов практически во всех водотоках определяют синезеленые и мелкоклеточные зеленые водоросли. Ведущую роль в создании численности играют синезеленые (52,7–87,0 % суммарной численности). Доминирует, как правило, *Aphanocapsa holsatica* (Lemm.) Cronb. et Komarek. Доля диатомовых в общей биомассе составляет в среднем 17–20 %, в некоторых случаях достигает 40 %. Для всех водотоков характерно высокое содержание пустых створок диатомей.

В озерах установлено 74 видовых и внутривидовых таксона, относящихся к 6 отделам. Структуру фитопланктоценозов, как правило, определяют синезеленые, доля которых в общей численности и биомассе составляет 70–84 % и 79–95 % соответственно. В пойменных водоемах устьевых участков рек ведущую роль в создании биомассы играют зеленые хлорококковые водоросли *Planktonema lauterbornii* Schmidle (88,3 %). Численность планктонных водорослей изменялась от 1868 до 7489 тыс. кл/л., биомасса — от 0,06 до 5,16 мг/м³.

В результате проведенных исследований получены первые фоновые материалы по составу и развитию фитопланктона водоемов и водотоков территории месторождения. Флора водорослей характеризуется значительным видовым богатством.

Большинство выявленных видов являются широко распространенными в водоемах различного типа на Ямале [5–8]. Синезеленые, зеленые и золотистые водоросли представлены, в основном, планктонными пресноводными видами. Среди диатомовых основное ядро составляют обитатели литорали, дна и обрастаний. Видовое разнообразие фитопланктона возрастает в ряду озера — протоки — реки. Уровень количественного развития альгоценозов в озерах выше, чем в реках и протоках.

Зоопланктон. Зоопланктонное сообщество является важным звеном водных экосистем. Значимость его в трансформации энергии, биотическом круговороте в водоемах, самоочищении и формировании качества природ-

ных вод очень велика. Индикаторная роль ракообразных и коловраток заключается в определении степени сапробности водоемов и их трофического типа. Анализ качественных и количественных характеристик планктоценозов позволяет достаточно четко выявить загрязненные участки водоемов и их площадь, дать сравнительную оценку уровня загрязнения во времени и пространстве. Перестройка структуры зоопланктона служит важным показателем изменений условий обитания, что используется при мониторинге качества воды, эвтрофирования, ацидофикации и токсификации водных экосистем. Кроме того, зоопланктон используют при оценке рыбохозяйственного значения водоемов, поскольку зоопланктонные организмы составляют основу рационов планктоноядных рыб. В водоемах Ямала зоопланктон потребляют пелядь, ряпушка и личинки большинства видов рыб.

Зоопланктонную фауну Ямала начали изучать с 1908 г. [9, 10]. В дальнейшем многие исследователи с разными периодичностью и степенью подробности обследовали зоопланктон разнообразных водоемов и водотоков средней и южной части полуострова, данные которых по сборам до 1995 г. сведены в монографиях [1, 11], а за последние годы представлены в отдельных статьях [12–15].

На территории Крузенштернского ГKM выявлено 48 видов зоопланктонных организмов, а также таксоны более высокого ранга (отр. Harpacticiformes, роды Eurytemora и Acartia), что составляет треть от известных в настоящее время на Ямале. Наибольшим разнообразием (28 видов) отличались коловратки, наименьшим — ветвистоусые рачки (8 видов).

В водотоках территории встречено 7 видов ветвистоусых рачков, 14 видов и три таксона рангом выше вида веслоногих рачков и 21 вид коловраток. В отдельно взятом водотоке обнаружили от 9 до 18 видов. В водотоках, подверженных приливно-отливным явлениям, к которым относились протоки (рукава) дельтовых участков рек Мордыхи и Надуйяхи, кроме типичных представителей зоопланктонных организмов пресных вод встречены «эстуарные» виды (*Podon leuckarti* (Sars), *Limnocalanus grimaldii* (Guerne), *Eurytemora gracilicauda* Akatova, *E. raboti* Richard, *E. tolli* Rylov, *Leptodiptomus angustilobus* Sars, *Keratella cruciformis wickettisi* Kutikova, *Notholca caudata* Carlin) и даже морские (молодь *Acartia* sp.). Встречаемость и численность представителей этих групп чаще низкие. Выделяется по этим показателям молодь *Acartia* sp. (23,6 % численности и 74,5 % био-

массы всех зоопланктеров основной протоки р. Надуйхи) и, в меньшей степени, *K. cruciformis wickettisi* Kutikova, *N. caudata* Carlin, *E. raboti* Richard. Численность и биомасса зоопланктеров в водотоках варьируют в широких пределах. Максимальна она в р. Монготаяхе (1772,08 тыс. экз/м³ и 2,591 г/м³) за счет развития коловратки *Keratella quadrata* (Müller) (73,1 % от общей численности и 30,0 % от общей биомассы зоопланктеров) — одного из самых распространенных и многочисленных на Ямале видов. В остальных водотоках численность зоопланктонных организмов была значительно ниже и изменялась от 183,93 до 22,21 тыс. экз/м³, биомасса — от 0,280 до 0,097 г/м³. Чаще в водотоках преобладают количественно и по биомассе веслоногие рачки, прежде всего, их разновозрастная молодь (до 71,8 % от общего количества и до 66,5 % от общей биомассы), реже — коловратки (до 73,5 % от общей численности и до 30,0 % от общей биомассы).

Озерный зоопланктон территории представлен 27 видами рачков и коловраток, среди которых основную часть составляют наиболее распространенные и многочисленные на Ямале виды (например, *Kellicottia longispina* (Kellicott), *Keratella quadrata* (Müller), *K. cochlearis* (Gosse) *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *B. longispina* Leydig). Редко и единично в пробах встречены «эстуарные» виды (*N. caudata* Carlin, *L. grimaldii* (Guerne), *E. tolli* Rylov). Зоопланктонные сообщества озер значительно различаются по структурной организации: видовой состав зоопланктона озера на лайде устья р. Надуйхи ограничивался тремя видами, но был богаче в остальных озерах (от 10 до 18 видов); индексы видового сходства зоопланктона озер не превышали 20 %; индекс видового разнообразия Шеннона — Уивера (по биомассе) для зоопланктона озера на лайде был равен 0,0016, для зоопланктона других озер изменялся от 1,0799 до 2,6310; общая численность зоопланктеров различалась в 8,2 раза и была равна в озере на лайде 42,03 тыс. экз/м³, в остальных озерах достигала 189,06–346,30 тыс. экз./м³; разница в биомассе сообществ еще значительней — в 382,3 раза, что определено высокой биомассой в озере на лайде (82,204 г/м³) и сравнительно невысокой в других озерах (0,215–2,187 г/м³); отношение биомасс *Crustacea* и *Rotifera* было значительным (108,0–115,8), а в озере на лайде коловратки вообще отсутствовали; средняя индивидуальная масса зоопланктера в озере на лайде была высокой (1,960 мг), для зоопланктона остальных озер изме-

нялась в широких пределах, но была низкой (0,001–0,116 мг); доля доминанта по численности в озере на лайде равна 96,6 %, в других озерах ниже (41,0–43,4 %), по биомассе — соответственно 99,9 % и 96,0–76,1 %. Из представленного материала следует, что в озере, расположенном в приливно-отливной зоне на лайде в пойме р. Надуйяхи, экологические условия экстремальны для развития высокоорганизованного зоопланктонного сообщества, поэтому процветает один вид *Daphnia middendorffiana* Fischer, создавая за счет высокой индивидуальной массы особей значительную биомассу. Высокие биомассы зоопланктона фиксировали и ранее в отдельных озерах Ямала, но они были обусловлены развитием «крупных» видов под влиянием антропогенной деятельности [13]. Зоопланктон остальных озер по качественному составу и количественному развитию близок к зоопланктону озер среднего Ямала.

Таким образом, предварительные исследования зоопланктонной фауны территории Крузенштернского ГКМ показали, что она богата (50 видов и три таксона рангом выше вида) и составляет треть от известных в настоящее время на Ямале зоопланктонных видов рачков и коловраток [1, 11]. Наибольшим видовым богатством отличаются коловратки — 28 видов. Ветвистоусые рачки — самая бедная в видовом отношении группа (9 видов). Обитающие на территории виды различаются по биологии, экологии, встречаемости, значимости в экосистемах. Типичные пресноводные виды рачков и коловраток территории были и ранее известны для Ямала.

Влияние приливно-отливных явлений сказалось не только на видовом составе зоопланктонной фауны территории (отмечено 8 солоноватоводных видов и один морской), но и на образовании в некоторых озерах на лайдах устьевых участков больших рек зоопланктонных сообществ с низким уровнем организации, где создаются благоприятные условия для развития одного специфического вида, в нашем случае *D. middendorffiana* Fischer.

По количественному развитию и соотношению основных групп зоопланктон большинства водоемов и водотоков территории близок к зоопланктону однотипных водоемов и водотоков среднего Ямала и, согласно классификации [16], характеризует водоемы и водотоки как малокормные, реже — близкие к средnekормным для планктофагов. Озеро на лайде, где отмечена очень высокая биомасса зоопланктона, и подобные ему относятся к безрыбным и не имеют рыбохозяйственного значения.

Зообентос. Донные беспозвоночные животные играют важную роль в процессах трансформации веществ и энергии как внутри водных экосистем, так и между ними и наземными экосистемами. Участвуя в создании качественного и количественного разнообразия водной биоты, организмы зообентоса являются важными компонентами в питании ценных промысловых видов рыб. Многие из них — промежуточные хозяева паразитов рыб, птиц и млекопитающих.

Сообщества зообентоса — удобный объект для наблюдений за антропогенными изменениями, динамикой процессов самоочищения и эволюцией водных экосистем. Видовой состав и количественные характеристики сообществ донных беспозвоночных служат хорошими, а в ряде случаев — единственными гидробиологическими показателями загрязнения грунта и придонного слоя воды и широко применяются в различных системах биоиндикации и гидробиологического мониторинга за состоянием водных экосистем.

В составе донной фауны водотоков и водоемов территории Крузенштернского ГКМ выявлено 29 видов и таксонов более высокого ранга, что составляет менее 10 % от общего числа видов зообентоса, обнаруженных в водоемах различного типа среднего Ямала [11, 17]. Отмечены представители полихет, олигохет, моллюсков, амфипод, водных жуков, ручейников, лимоний, атерицид и хирономид. Наиболее разнообразны личинки амфибиотических насекомых — 82,1 % от общего числа видов. По числу таксонов преобладают хирономиды, представленные 19 видами и формами. Группа «константных» организмов (частота встречаемости 50 % и более) представлена 5 видами: *Chironomus anthracinus* (Zetterstedt), *C. muratensis* (Ryser, Scholl et Wuelker), *Procladius choreus* (Meigen), *Tanytarsus pallidicornis* (Walker) и *Atherix ibis* (Fabricius).

В реках и протоках отмечено 19 таксонов беспозвоночных. Количественные показатели зообентоценозов определяют хирономиды: 97,4–100,0 % суммарной численности и 84,3 % биомассы зообентоса. Доминируют пелофильные личинки *C. anthracinus*. В устьевой зоне рек ведущую роль в зообентоценозах играет солоноватоводная полихета *Marenzelleria arctica* (Chamberlin). Численность и биомасса зообентоса изменяются в широких пределах — от 780 до 10452 экз/м² и от 2,09 до 14,014 г/м². Средние значения составили — 4542 экз/м² и 5,732 г/м². Максимальные величины отмечены на заиленных биотопах устьевых участков протоков, вытекающих из озер.

Донная фауна озер представлена 18 таксонами беспозвоночных животных. Обследованные озера относятся к водоемам хирономидного типа. Структуру зообентоса определяют хирономиды, доля которых в создании суммарной численности и биомассы составляет 74,4–100,0 и 63,8–100 % соответственно. В группу доминирующих по биомассе организмов входят личинки рода *Chironomus* — 59,0–98,7 % биомассы всего бентоса. Заметную роль в донных сообществах играют олигохеты. Численность гидробионтов изменяется незначительно — 1174–1860 экз/м². Биомасса варьирует в большей степени — 1,53–10,29 г/м². Максимальный уровень количественного развития зообентоса отмечен в пойменных озерах, расположенных на лайдах приливно-отливной зоны (озеро в устье р. Надуйяхи). Величина биомассы характеризует их как высококормные для рыб-бентофагов водоемы [16].

В целом, большую часть фауны донных беспозвоночных составляют широко распространенные на Ямале голарктические и палеарктические виды. Встречаются представители реликтовой фауны ракообразных *Mysis relicta* Loven, *Saduria entomon* (Linnaeus), *Gammaracanthus lacustris* Sars и *Monoporeia affinis* (Lindström), обитающие в озерах Карелии, Финляндии, Швеции и в устьях рек Белого моря и сибирского побережья Северного ледовитого океана. Количественные характеристики зообентоса сопоставимы с величинами, приводимыми в литературе для разнотипных водотоков и водоемов п-ва Ямал [11, 14, 15, 17, 18].

Ихтиофауна. Ихтиофауна водоемов и водотоков на территории Крузенштернского месторождения представлена 14 видами, относящимся к 9 семействам. Самое многочисленное по количеству видов (пять) — семейство сиговых [1, 11, 19–21].

Рыбное население представлено морскими, разноводными (проходными) и пресноводными видами. Среди последних различают туводных рыб — не совершающих больших миграций (9-иглая колюшка) и полупроходных — мигрирующих в пределах бассейнов рек (муксун, пелядь, ряпушка сибирская, сиг-пыжьян, чир, налим обыкновенный). Разноводные рыбы переходят для размножения из моря в реки (горбуша, корюшка азиатская, омуль). Морские обитают в основном в заливе Шарапов Шар, но встречаются и в осолоненных участках нижнего течения рек (навага, четырехрогий бычок, полярная камбала, чешско-печорская сельдь).

Все сиговые и лососевые рыбы, согласно государственному стандарту, по промысловой

ценности относятся к особо ценным видам¹. В списке ихтиофауны рассматриваемой территории эти виды составляют 50 %.

В районе исследований обитает один вид рыб, занесенный в Красную книгу ЯНАО — муксун, принадлежащий к популяции р. Мордыяхи. Вид относится ко второй категории, численность популяции которого неуклонно сокращается и при дальнейшем воздействии факторов, снижающих численность, может в короткие сроки попасть в категорию исчезающих видов. Лимитирующими факторами и причинами деградации вида являются чрезмерный промысел, обустройство газоконденсатных месторождений, приводящих к загрязнению и ликвидации пойменных водоемов.

До 2010 г. к категории редких и исчезающих видов, обитающих на территории КГКМ и внесенных в Красную Книгу ЯНАО, относился арктический голец (полупроходная форма), однако в настоящее время вид из нее необоснованно исключен.

Видовой состав и распределение рыб в нижнем течении рр. Мордыяхи и Надуйяхи обуславливается естественными миграциями рыбного населения, динамикой уровня водности и солености в приливно-отливной зоне, действием сгонных и нагонных ветров, ледовой обстановкой, расходами воды в реках. В зоне дельты рек нагуливаются, главным образом, муксун, чир, ряпушка и корюшка. В зимний период в низовья рек заходят на зимовку омуль и навага, весной, в период подъема воды, поднимается для размножения корюшка.

В результате освоения месторождений к 2005 г. в низовьях рек практически исчезли чир и арктический голец, редко стали встречаться муксун, сиг-пыжьян и пелядь. Резко снизилась численность многочисленных в 90-х гг. прошлого века ряпушки и корюшки, несмотря на то, что их популяции менее подвержены влиянию промысла и в силу расширенного репродуктивного ареала, по сравнению с чиром и муксуном (которые размножаются только в русле реки), могут быстрее восстанавливать численность. В меньшей степени пострадали омуль, навага и рогатка — виды, заходящие во внутренние водоемы из Карского моря. У большинства ценных видов рыб изменилась возрастная структура популяций: произошло сокращение возрастных рядов и омоложение [14, 22].

¹ Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов: ГОСТ 17.1.2.04-77. М.: Изд-во стандартов, 1987. 17 с.

К 2009 г. в структуре ихтиофауны произошли положительные изменения. Меры по охране рыбного населения, внесение популяции муксуна в Красную книгу ЯНАО, в сочетании с введением элементарной дисциплины среди персонала на строительных площадках существенно снизили масштабы браконьерского лова. Благодаря этому численность рыбного населения, особенно муксуна и чира, стала постепенно восстанавливаться. К 2013 г. их численность в низовьях р. Мордыяхи приблизилась к уровню, отмеченному в 1990 г., а муксун появился и в р. Надуйяхе, где раньше не встречался.

Воздействие на гидробионтов. Обустройство газовых месторождений сопровождается нарушением исторически сложившихся биотических и абиотических составляющих водных экосистем. Любая хозяйственная деятельность в долинах рек, сопровождающаяся нарушением почвенно-растительного покрова, приводит к резкому усилению эрозионных процессов, увеличению смыва твердого материала в водоемы, увеличению мутности воды и изменению процессов аккумуляции наносов [23–29]. Поступление эрозионного материала в реки и протоки продолжается и после прекращения работ.

Основным источником загрязнения водоемов при проведении строительных работ по обустройству газовых месторождений на фоне изменения гидрологического и гидрохимического режимов является поступление в воду мелкодисперсных минеральных взвесей, сопровождающееся заилением донных грунтов. Содержание взвешенных веществ в рыбохозяйственных водоемах не должно быть выше 25 мг/л. Для водоемов, где проходит нерест рыб, мутность воды не должна превышать фоновую более чем на 0,25 мг/л, для других водоемов — на 0,75 мг/л¹. При естественной концентрации минеральных взвесей более 30 мг/л, допустимо их увеличение в пределах 5 % от фоновых значений [30].

Строительство переходов трубопроводов через водотоки сопровождается повышением мутности воды и формированием не характерных для тундровых рек и озер биотопов, что приводит к угнетению гидробионтов и ухудшению условий воспроизводства рыб. Под объекты строительства отчуждаются значительные площади поймы, используемые рыбами для нагула. Увеличение мутности ведет к су-

щественным перестройкам в структуре сообществ гидробионтов [31–35]. Рыбы, способные активно передвигаться, мигрируют из зоны повышенной мутности. При кратковременных работах это приводит к уменьшению их численности в районах полигонов. При многолетнем крупномасштабном воздействии мутности сокращение численности рыб сопровождается изменением их распределения в водоеме, уменьшаются районы обитания наиболее ценных промысловых видов, снижается обилие, и их место в ихтиокомплексе постепенно занимают менее ценные, короткоцикловые виды.

Таким образом, даже в отсутствии острого прямого воздействия повышенных концентраций минеральных взвесей на рыб происходит потеря рыбохозяйственного значения рек в зонах загрязнения. На фоне сокращения видового разнообразия происходит значительное снижение количественных показателей фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Увеличение степени доминирования отдельных видов свидетельствует об упрощении структуры различных групп гидробионтов. Механическое нарушение и уничтожение донных биотопов, многократное и длительное превышение естественного уровня мутности приводят к полной гибели живых организмов в районах строительства.

Снижение численности и биомассы зоопланктона и зообентоса, являющихся основой кормовой базы рыб, вызывает негативные изменения видовой, размерной, трофической и пространственной структуры рыбного населения. В результате поступления взвешенных веществ в водоемы происходит:

- уничтожение нерестилищ рыб;
- сокращение нагульных площадей;
- снижение рыбопродуктивности водоемов;
- изменение исторически сложившихся путей миграций;
- уменьшение биоразнообразия ихтиофауны;
- значительное снижение рыбных запасов.

Качественные и количественные перестройки в сообществах гидробионтов после прекращения работ обратимы в тех случаях, когда полного изъятия водоемов и водотоков под строительство объектов ГКМ не происходит. Восстановление речных экосистем происходит за более короткий период времени, чем озерных. Период восстановления у различных групп водных организмов отличается. Быстрее других гидробионтов на нарушенных участках в реках восстанавливается планктон.

¹ Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения (САНПиН 4630-88). М., 1988. 142 с.

Многолетние исследования, проводимые Институтом экологии растений и животных УрО РАН, показали, что в зонах строительства переходов трубопроводов нерестилища рыб в реках восстанавливаются в течение трех лет после окончания работ. Сообщества гидробионтов, в частности зообентоса, при кратковременном антропогенном воздействии могут восстанавливаться в течение более короткого промежутка времени [36-41].

При масштабных техногенных нарушениях, а также при попадании в водотоки нефтепродуктов и других токсикантов, восстановление биотических компонентов экосистемы реки занимает гораздо больше времени [42-44].

Заключение

Крузенштернское газоконденсатное месторождение расположено в нижнем течении бассейнов рек Мордыяхи и Надуйяхи на особо охраняемой территории (Ямальский заказник). Реки Мордыяха и Надуйя относятся к водным объектам высшей рыбохозяйственной категории. К наиболее важным для рыб участкам на территории Крузенштернского ГКМ следует отнести дельтовую зону, где происходит нагул особо ценных видов лососевых и сиговых рыб. Хозяйственная деятельность человека в таких районах может в кратчайшие сроки привести к уничтожению популяций рыб.

В целях сохранения рыбных ресурсов при обустройстве и эксплуатации Крузенштернского месторождения наиболее высокие требования должны предъявляться к охране участков водоемов, где располагаются нерестилища рыб. Пойменные водоемы, где происходит нагул рыб, могут быть использованы с определенными ограничениями, касающимися водозабора, сброса стоков и строительства в водоохранной зоне. Устьевые участки рек, являющиеся основными местами нагула и зимовки рыб, должны стать особо охраняемыми территориями.

В соответствии с природоохранным законодательством, при проектировании объектов

на акватории или в прибрежной полосе рыбохозяйственных водоемов должны быть предусмотрены мероприятия по максимальному предотвращению неблагоприятного воздействия на условия обитания рыб. Для нормального функционирования водных экосистем необходимо:

- переходы трубопроводов строить, по возможности, над водотоками, что значительно снизит степень негативного влияния на кормовую базу и миграции рыб;

- сохранить естественный режим перемещения водных масс по пойменным водоемам в период паводка (строительство эффективных водопропускных систем);

- ограничить сроки проведения работ на водоемах, в руслах и поймах рек зимним периодом;

- ограничить места размещения оголовков водозаборов;

- контролировать качество воды рыбохозяйственных водоемов;

- запретить промысел рыб работникам строительных и газодобывающих организаций на водоемах и водотоках бассейнов рек Мордыяхи и Надуйяхи;

- запретить движение маломерных судов по протокам дельты Мордыяхи на протяжении всего времени строительства и эксплуатации Крузенштернского газоконденсатного месторождения.

В настоящее время существующие законсервированные и брошенные буровые на территории Крузенштернского месторождения не оказывают отрицательного влияния на водные экосистемы.

Полученные данные по видовому составу и количественным показателям развития гидробионтов разнотипных водоемов и водотоков в бассейнах нижнего течения рр. Мордыяхи и Надуйяхи являются отправной точкой экологического мониторинга состояния водных объектов при обустройстве и эксплуатации Крузенштернского месторождения газа.

Благодарность

Статья подготовлена в рамках проекта Президиума РАН № 12-П-47-2013 и проекта Президиума УрО РАН «Арктика» № 12-4-3-012.

Список источников

1. Мониторинг биоты полуострова Ямал в связи с развитием объектов добычи и транспортировки газа. — Екатеринбург: Изд-во УРЦ «Аэрокосмозэкология», 1997. — 191 с.
2. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. — Омск: ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2004. — 303 с.
3. Биоразнообразие экосистем Полярного Урала. — Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. — 252 с.
4. Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала. — Екатеринбург: УрО РАН, 2004. — 167 с.
5. Валеева Э. И. Водные экосистемы // Природная среда Ямала. — Тюмень: ИПОС СО РАН, 1995. — Т. 1. — С. 10-21.
6. Генкал С. И., Ярушина М. И. *Bacillariophyta* водных экосистем арктических тундр западного Ямала. Бассейн р. Харасавэйяха // Альгология. — 2014. — № 2. — С. 195-208.

7. Науменко Ю. В., Семенова Л. А. К изучению водорослей некоторых водоемов полуострова Ямал. Западная Сибирь // Новости систематики низших растений — СПб.: Наука, 1996. — Т. 31. — С. 46-52.
8. Ярушина М. И. Фитопланктон водоемов бассейна р. Морды-Яхи // Современное состояние растительного и животного мира полуострова Ямал. — Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. — С. 37-40.
9. Верещагин Г. Ю. Планктон водоемов полуострова Ямал // Ежегодник Зоологического музея Императорской Академии наук. — СПб., 1913. — Т. 18. — № 2. — С. 169-220.
10. Воронков Н. В. Планктон водоемов полуострова Ямал // Ежегодник Зоологического музея Императорской Академии наук. — СПб., 1911. — Т. 16. — № 2. — С. 180-214.
11. Ретроспектива ихтиологических и гидробиологических исследований на Ямале / Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Госькова О. А., Мельниченко И. П. — Екатеринбург, 2000. — 88 с.
12. Богданова Е. Н. К изучению зоопланктона Ямала. Зоопланктон р. Надуйяхи — средний Ямал // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. — 2006. — № 6 (43). — Ч. 1. — С. 67-75.
13. Богданова Е. Н. К изучению зоопланктона Ямала. Зоопланктон бассейна р. Харасавэйяхи, средний Ямал // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. — 2009. — № 1 (63). — С. 9-18.
14. Проблемы охраны биоресурсов при обустройстве Бованенковского газоконденсатного месторождения / Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Мельниченко И. П., Степанов Л. Н., Ярушина М. И. // Экономика региона. — 2012. — № 4(32). — С. 68-79.
15. Шарапова Т. А., Абдуллина Г. Х. К изучению водных беспозвоночных южных тундр Западной Сибири // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. — 2004. — № 5. — С. 97-115.
16. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / Пидгайко М. Л., Александров Б. М., Иоффе Ц. И. и др. // Известия ГосНИОРХ. — 1968. — Т. 67. — С. 205-228.
17. Степанов Л. Н. Зообентос водоемов и водотоков Среднего Ямала. Бассейн Байдарацкой губы // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. — 2008. — № 8 (60). — С. 60-75.
18. Степанов Л. Н. Зообентос малых рек арктических тундр Ямала // Экосистемы малых рек. Биоразнообразие, экология, охрана. — Ярославль: Филигрань, 2014. — Т. II. — С. 359-361.
19. Богданов В. Д., Мельниченко И. П. Промысловые рыбы низовьев р. Морды-Яхи // Современное состояние растительного и животного мира полуострова Ямал. — Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. — С. 55-67.
20. Кижеватова А. А., Кижеватова А. А. Ихтиофауна малоизученных водоемов и водотоков Среднего Ямала // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. — 2006. — № 6(43). — Ч. 2. — С. 28-36.
21. Мельниченко И. П., Гаврилов А. Л. Современное состояние ихтиофауны р. Надуйяхи. Полуостров Ямал // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. — 2007. — № 2 (46). — С. 61-68.
22. Мельниченко И. П., Богданов В. Д. Оценка изменения рыбного населения водоемов и водотоков полярной части Урала и Западного Ямала // Аграрный вестник Урала. — 2008. — № 10. — С. 85-87.
23. Шубина В. Н. Бентос лососевых рек Урала и Тиммана. — СПб.: Наука, 2006. — 401 с.
24. Lévesque L. M., Dubé M. G. Review of the effects of in-stream pipeline crossing construction on aquatic ecosystems and examination of Canadian methodologies for impact assessment // Environmental Monitoring and Assessment. — 2007. — Vol. 132. — No 1-3. — P. 395-409.
25. Hartmann G. F., Scrivener J. C., Miles M. J. Impacts of logging in Carnation Creek, a high-energy coastal stream in British Columbia, and their implication for restoring fish habitat // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. — 1996. — Vol. 53 (Suppl. 1). — P. 237-251.
26. Quinn J. M., Davies-Colley R. J., Hickey C. W., Vickers M. L., Ryan P. A. Effects of clay discharges on streams. 2. Benthic invertebrates // Hydrobiologia. — 1992. — Vol. 248. — No 3. — P. 235-247.
27. Sidle R. C., Sharpley A. N. Cumulative effects of land management on soil and water resources: an overview // Journal of Environmental Quality. — 1991. — Vol. 20. — No 1. — P. 1-3.
28. Sutherland A. B., Meyer J. L., Gardiner E. P. Effects of land cover on sediments regime and fish assemblage structure in four southern Appalachian streams // Freshwater Biology. — 2002. — Vol. 47. — No 9. — P. 1791-1805.
29. Wagener S. M., LaPerriere J. D. Effects of placer mining on the invertebrate communities of interior Alaska streams // Freshwater Invertebrate Biology. — 1985. — Vol. 4. — No 4. — P. 208-214.
30. Гусев А. Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 367 с.
31. Влияние гидромеханизированных работ на рыбохозяйственные водоемы // Сб. научн. трудов ГосНИОРХ. — Ленинград, 1986. — Вып. 255. — 183 с.
32. Чебанова В. В. Бентос лососевых рек Камчатки. — М.: Изд-во ВНИРО, 2009. — 172 с.
33. Robertson M. J., Scruton D. A., Gregory R. S., Clarke K. D. Effect of suspended sediment on freshwater fish and fish habitat // Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. — 2006. — No 2644. — 37 p.
34. Weber P. K. Downstream Effects of Placer Mining in the Birch Creek Basin // Alaska Technical Report. — 1986. — No 86-7. — 21 p.
35. Yu X., Wang G., Zou Y., Wang Q., Zhao Z., Lu X. Effects of Pipeline Construction on Wetland Ecosystems: Russia — China Oil Pipeline Project (Mohe-Daqing Section) // Ambio. — 2010. — Vol. 39. — No 5-6. — P. 447-450.
36. Лабай В. С., Роготнев М. Г. Быстрая реакция макробентоса рек острова Сахалин на кратковременное техногенное воздействие // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток, 2008. — Вып. 4. — С. 56-65.

37. Bond N.R., Downes B.J. The independent and interactive effects of fine sediment and flow on benthic invertebrate communities characteristic of small upland streams // *Freshwater Biology*. — 2003. — Vol. 48. — No 3. — P. 455-465.
38. Ciesielka I.K., Bailey R.C. Scale-specific effects of sediment burial on benthic macroinvertebrate communities // *Journal of Freshwater Ecology*. — 2001. — Vol. 16. — No 1. — P. 73-81.
39. Kürty D., Zschokke S. Short-term consequences of river restoration on macroinvertebrate communities // *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*. — 2000. — Vol. 12. — No 1-6. — P. 237-240.
40. Tsui P.T.P., McCart P.J. Effects of stream-crossings by a pipeline on the benthic macroinvertebrate communities of a small mountain stream // *Hydrobiologia*. — 1981. — Vol. 79. — No 1. — P. 271-276.
41. Young R.J., Mackie G.L. Effect of oil pipeline construction on the benthic invertebrate community structure of Hodgson Creek, Northwest Territories // *Canadian Journal of Zoology*. — 1991. — Vol. 69. — No 8. — P. 2154-2160.
42. Оценка экологического и экономического рисков при проведении руслорегулировочных и берегоукрепительных работ на горных реках северных склонов Центрального Кавказа / Сарахова М. А., Якимов А. В., Шаповалов М. И., Закуреев А. З., Львов В. Д., Катаев С. В., Черчесова С. К., Ефимова Т. М. // *Вестник АГУ*. — 2013. — Вып. 4(125). — С. 95-102.
43. Bugbee S.L., Walter C.M. The response of macroinvertebrates to gasoline pollution in a mountain stream // In: *Prevention and control of oil spills. Proceedings joint conf. on prevention and control of oil spills*. — Washington, 1973. — P. 725-731.
44. Pontasch K.W., Brusven M.A. Macroinvertebrate response to a gasoline spill in Wolf Lodge Creek, Idaho, USA // *Archiv Fuer Hydrobiologie*. — 1988. — Vol. — 113. No 1. — P. 41-60.

Информация об авторах

Богданов Владимир Дмитриевич — член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, e-mail: bogdanov@ipae.uran.ru).

Степанов Леонид Николаевич — научный сотрудник лаборатории экологии рыб и биоразнообразия водных экосистем, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, e-mail: stepanov@ipae.uran.ru).

Богданова Елена Николаевна — научный сотрудник лаборатории экологии рыб и биоразнообразия водных экосистем, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, e-mail: ben@ipae.uran.ru).

Мельниченко Ирина Павловна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и биоразнообразия водных экосистем, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, e-mail: Melnichenko@ipae.uran.ru).

Ярушина Маргарита Ивановна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и биоразнообразия водных экосистем, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, e-mail: nvl@ipae.uran.ru).

For citation: *Ekonomika regiona [Economy of Region]*. — 2015. — № 3. — pp. 266-278

V. D. Bogdanov, L. N. Stepanov, E. N. Bogdanova, I. P. Melnichenko, M. I. Yarushina

Evaluation of the Modern State of Water Ecosystems and the Issues with Protecting Biological Resources During Development of the Kruzenshternskoye Gas Condensate Field

In the article, the results of the studies of the present state of freshwater ecosystems and their biotic components in the western part of the Yamal Peninsula are presented. Based on the evaluation of the structure of the communities of phytoplankton, zooplankton, benthos and whitefishes, the range of the problems related to the protection of biological resources at the development of the Kruzenshternskoye gas field is defined. Data on species composition and quantitative indicators of hydrobionts of different types of waterbodies and watercourses in the lower reaches of the Mordyyakha and Naduyyakha rivers basins are the basis for environmental monitoring of water objects at development and exploitation of the Kruzenshternskoye gas field.

According to the monitoring program, evaluation of the fish fauna state and their food base on the territory of the Kruzenshternskoye gas condensate field (GCF), is present. The zones of rivers deltas are the most important areas of the salmonid and whitefishes valuable fish species feeding at the territory of Kruzenshternskoye GCF. In the cases where complete demolish of waterbodies and watercourses for construction of facilities for GCF does not occur, changes of quantitative and qualitative characteristics of communities of hydrobionts after cease of works are reversible. River ecosystems are restored within a more short period of time in comparison to lacustrine ones.

On the basis of conducted comprehensive studies, the proposals for the protection of fisheries resources and monitoring of aquatic ecosystems are reported. Recommendations for reducing the anthropogenic impact on aquatic ecosystems in the development period are presented. The results of the investigation were used in the designing the environmental protection part of the Kruzenshternskoye deposit project. At present, the disturbances in the territory of Kruzenshternskoye deposit of gas does not impact the aquatic ecosystems.

Keywords: Kruzenshternskoye gas condensate field, aquatic ecosystems, zooplankton, phytoplankton, zoobenthos, ichthyofauna, whitefishes, human impact

Acknowledgement

The article has been prepared within the Project of the Presidium of the Russian Academy of Sciences № 12-P-47-2013 and «The Arctic» Project of the Presidium of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences № 12-4-3-012.

References

1. *Monitoring bioty poluostrova Yamal v svyazi s razvitiem obektov dobychi i transportirovki gaza* [Monitoring of biota of the Yamal Peninsula in connection with development of facilities for gasproduction and transportation]. (1997), Ekaterinburg: Aerokosmoekologiya Publ., 191.
2. *Atlas Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous Area]. (2004). Omsk: Omskaya kartograficheskaya fabrika Publ., 303.
3. *Bioraznoobrazie ekosistem Polyarnogo Urala* [Biodiversity of ecosystems of the Polar Ural region]. (2007). Syktyvkar: Komi NTs UrO RAN Publ., 252.
4. *Bioresursy vodnykh ekosistem Polyarnogo Urala* [Bioresources of water ecosystems of the Polar Ural region]. (2004). Ekaterinburg: UB RAS Publ., 167.
5. Valeyeva, E. I. (1995). Vodnyye ekosistemy [Water ecosystems]. *Prirodnyaya sreda Yamala* [Environment of Yamal]. Tyumen: IPOS SO RAN Publ., 1, 10-21.
6. Genkal, S. I. & Yarushina, M. I. (2014). Bacillariophyta vodnykh ekosistem arkticheskikh tundr zapadnogo Yamala. Basseyn r. Kharasaveyyakha [Bacillariophyta of water ecosystems of the Arctic tundra of the western Yamal. Basin of the Harasaveyakh river]. *Algologiya* [Algology], 2, 195-208.
7. Naumenko, Yu. V. & Semyonova, L. A. (1996). K izucheniyu vodorosley nekotorykh vodoyomov poluostrova Yamal. Zapadnaya Sibir [To study seaweed of some reservoirs of the Yamal Peninsula. Western Siberia]. *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy* [News of systematization of the lowest plants]. St. Petersburg: Nauka Publ., 31, 46-52.
8. Yarushina, M. I. (1995). Fitoplankton vodoyomov basseyna r. Mordy-Yakhi [Phytoplankton of reservoirs of the basin of the Mordy-Yakhi river]. *Sovremennoye sostoyanie rastitelnogo i zhivotnogo mira poluostrova Yamal* [Current state of plant and animal life of the Yamal Peninsula]. Ekaterinburg: Nauka Publ., 37-40.
9. Vereshchagin, G. Yu. (1913). Plankton vodoyomov poluostrova Yamal [Plankton of reservoirs of the Yamal Peninsula]. *Ezhegodnik Zoologicheskogo muzeya Imperatorskoy Akademii nauk* [Year-book of the Zoological museum of Imperial Academy of Sciences]. St. Petersburg, 18(2), 169-220.
10. Voronkov, N. V. (1911). Plankton vodoyomov poluostrova Yamal [Plankton of reservoirs of the Yamal Peninsula]. *Ezhegodnik Zoologicheskogo muzeya Imperatorskoy Akademii nauk* [Year-book of the Zoological museum of Imperial Academy of Sciences]. St. Petersburg, 16(2), 180-214.
11. Bogdanov, V. D., Bogdanova, E. N., Gorskova, O. A. & Melnichenko, I. P. (2000). *Retrospektiva ikhtiologicheskikh i gidrobiologicheskikh issledovaniy na Yamale* [Retrospective of ichthyological and hydrobiological research on Yamal]. Ekaterinburg, 88.
12. Bogdanova, E. N. (2006). K izucheniyu zooplanktona Yamala. Zooplankton r. Naduyakhi — sredniy Yamal [To study zooplankton of Yamal. Zooplankton of the Naduyakhi river — Central Yamal]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [The scientific bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Area], 6(43), Pt.1, 67-75.
13. Bogdanova, E. N. (2009). K izucheniyu zooplanktona Yamala. Zooplankton basseyna r. Kharasaveyyakhi, sredniy Yamal [To study zooplankton of Yamal. Zooplankton of the basin of the Harasaveyakh river, Central Yamal]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [The scientific bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Area], 1(63), 9-18.
14. Bogdanov, V. D., Bogdanova, E. N., Melnichenko, I. P., Stepanov, L. N. & Yarushina, M. I. (2012). Problemy okhrany biorezursov pri obustroystve Bovanenkovskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya [Problems of bioresource protection at construction of the Bovanenkovo gas condensate field]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], 4(32), 68-79.
15. Sharapova, T. A. & Abdullina, G. Kh. (2004). K izucheniyu vodnykh bespozvonochnykh yuzhnykh tundr Zapadnoy Sibiri [To study the water invertebrate southern tundra of Western Siberia]. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya* [Bulletin of ecology, forest science and landscape science], 5, 97-115.
16. Pidgayko, M. L., Aleksandrov, B. M., Ioffe, Ts. I. et al. (1968). Kratkaya biologo-produktsionnaya kharakteristika vodoyomov severo-zapada SSSR [Short bio-productional characteristic of the northwest reservoirs of the USSR]. *Izvestiya GosNIORKh* [Bulletin of the State Research Institute of Lake and River Fisheries], 67, 205-228.
17. Stepanov, L. N. (2008). Zoobentos vodoyomov i vodotokov Srednego Yamala. Basseyn Baydaratskoy guby [Zoobenthos of reservoirs and water currents of the Middle Yamal. Basin of Baidarata Bay]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Scientific bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Area], 8(60), 60-75.
18. Stepanov, L. N. (2014). Zoobentos malyykh rek arkticheskikh tundr Yamala [Zoobenthos of the small rivers of the Arctic tundra of Yamal]. *Ekosistemy malyykh rek. Bioraznoobrazie, ekologiya, okhrana* [Ecosystems of the small rivers. Biodiversity, ecology, protection]. Yaroslavl: Filigran Publ., Vol. II, 359-361.
19. Bogdanov, V. D. & Melnichenko, I. P. (1995). Promyslovyye ryby nizovyev r. Mordy-Yakhi [Food fishes of lower reaches of the Mordy-Yakhi river]. *Sovremennoye sostoyanie rastitelnogo i zhivotnogo mira poluostrova Yamal* [Current state of a plant and animal life of the Yamal Peninsula]. Ekaterinburg: Nauka Publ., 55-67.
20. Kizhevato, Ya. A. & Kizhevato, A. A. (2006). Ikhtiofauna maloizuchennykh vodoyomov i vodotokov Srednego Yamala [Fish fauna of the low-studied reservoirs and water currents of the Middle Yamal]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Scientific bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Area], 6(43), Pt. 2, 28-36.
21. Melnichenko, I. P. & Gavrilov, A. L. (2007). Sovremennoye sostoyanie ikhtiofauny r. Naduyakhi. Poluostrov Yamal [Current state of a fish fauna of the Naduyakhi river. Yamal Peninsula]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Scientific bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Area], 2(46), 61-68.
22. Melnichenko, I. P. & Bogdanov, V. D. (2008). Otsenka izmeneniya rybnogo naseleniya vodoyomov i vodotokov polyarnoy chasti Urala i Zapadnogo Yamala [Assessment of change of the fish population of reservoirs and water currents of polar part of the Ural region and the Western Yamal]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian bulletin of the Ural region], 10, 85-87.
23. Shubina, V. N. (2006). *Bentos lososyevykh rek Urala i Timmana* [Benthos of the salmon Ural and Timman rivers]. St. Petersburg: Nauka Publ., 401.

24. Lévesque, L. M. & Dubé, M. G. (2007). Review of the effects of in-stream pipeline crossing construction on aquatic ecosystems and examination of Canadian methodologies for impact assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132(1-3), 395-409.
25. Hartmann, G. F., Scrivener, J. C. & Miles, M. J. (1996). Impacts of logging in Carnation Creek, a high-energy coastal stream in British Columbia, and their implication for restoring fish habitat. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53 (Suppl. 1), 237-251.
26. Quinn, J. M., Davies-Colley, R. J., Hickey, C. W., Vickers, M. L. & Ryan, P. A. (1992). Effects of clay discharges on streams. 2. Benthic invertebrates. *Hydrobiologia*, 248(3), 235-247.
27. Sidle, R. C. & Sharpley, A. N. (1991). Cumulative effects of land management on soil and water resources: an overview. *Journal of Environmental Quality*, 20(1), 1-3.
28. Sutherland, A. B., Meyer, J. L. & Gardiner, E. P. (2002). Effects of land cover on sediments regime and fish assemblage structure in four southern Appalachian streams. *Freshwater Biology*, 47(9), 1791-1805.
29. Wagener, S. M. & LaPerriere, J. D. (1985). Effects of placer mining on the invertebrate communities of interior Alaska streams. *Freshwater Invertebrate Biology*, 4(4), 208-214.
30. Gusev, A. G. (1975). *Okhрана rybokhozyaystvennykh vodoyomov ot zagryazneniya [Protection of fishery reservoirs from pollution]*. Moscow: Pishchevaya promyshlennost Publ., 367.
31. Vliyanie gidromekhanizirovannykh rabot na rybokhozyaystvennyye vodoemy [Influence of the hydromechanized works on fishery reservoirs]. (1986). *Sb. nauchn. trudov GosNIORKh [Collection of research papers of State Research Institute of Lake and River Fisheries]*. Leningrad, 255, 183.
32. Chebanova, V. V. (2009). *Bentos lososevykh rek Kamchatki [Benthos of the salmon Kamchatka rivers]*. Moscow: VNIRO Publ., 172.
33. Robertson, M. J., Scruton, D. A., Gregory, R. S. & Clarke, K. D. (2006). Effect of suspended sediment on freshwater fish and fish habitat. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2644, 37.
34. Weber, P. K. (1986). Downstream Effects of Placer Mining in the Birch Creek Basin. *Alaska Technical Report*, 86(7), 21.
35. Yu, X., Wang, G., Zou, Y., Wang, Q., Zhao, Z. & Lu, X. (2010). Effects of Pipeline Construction on Wetland Ecosystems: Russia-China Oil Pipeline Project (Mohe-Daqing Section). *Ambio*, 39(5-6), 447-450.
36. Labay, V. S. & Rogotnev, M. G. (2008). Bystraya reaktsiya makrobentosa rek ostrova Sakhalin na kratkovremennoye tekhnogennoye vozdeystvie [Fast reaction of macrobenthos of the rivers of the Sakhalin island to a short-term technogenic influence]. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova [Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidov]*. Vladivostok, 4, 56-65.
37. Bond, N. R. & Downes, B. J. (2003). The independent and interactive effects of fine sediment and flow on benthic invertebrate communities characteristic of small upland streams. *Freshwater Biology*, 48(3), 455-465.
38. Ciesielka, I. K. & Bailey, R. C. (2001). Scale-specific effects of sediment burial on benthic macroinvertebrate communities. *Journal of Freshwater Ecology*, 16(1), 73-81.
39. Kürty, D. & Zschokke, S. (2000). Short-term consequences of river restoration on macroinvertebrate communities. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 12(1-6), 237-240.
40. Tsui, P. T. P. & McCart, P. J. (1981). Effects of stream-crossings by a pipeline on the benthic macroinvertebrate communities of a small mountain stream. *Hydrobiologia*, 79(1), 271-276.
41. Young, R. J. & Mackie, G. L. (1991). Effect of oil pipeline construction on the benthic invertebrate community structure of Hodgson Creek, Northwest Territories. *Canadian Journal of Zoology*, 69(8), 2154-2160.
42. Sarakhova, M. A., Yakimov, A. V., Shapovalov, M. I., Zakureev, A. Z., Lvov, V. D., Kataev, S. V., Cherkhova, S. K. & Yefimova, T. M. (2013). Otsenka ekologicheskogo i ekonomicheskogo riskov pri provedenii rusloregulirovochnykh i beregoukrepitelnykh rabot na gornykh rekakh severnykh sklonov Tsentralnogo Kavkaza [Assessment of the eco-economic risks when carrying out the training works and shore protection works on the mountain rivers of northern slopes of Central Caucasus Mountains]. *Vestnik AGU [Bulletin of the Adygei State University]*, 4(125), 95-102.
43. Bugbee, S. L. & Walter, C. M. (1973). The response of macroinvertebrates to gasoline pollution in a mountain stream. *Prevention and control of oil spills. Proceedings joint conf. on prevention and control of oil spills*. Washington, 725-731.
44. Pontasch, K. W. & Brusven, M. A. (1988). Macroinvertebrate response to a gasoline spill in Wolf Lodge Creek, Idaho, USA. *Archiv Fuer Hydrobiologie*, 113(1), 41-60.

Authors

Bogdanov Vladimir Dmitrievich — Corresponding Member of RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS (202, 8 Marta St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: bogdanov@ipae.uran.ru).

Stepanov Leonid Nikolaevich — Research Scientist, Laboratory of Ecology of Fishes and Aquatic Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS (202, 8 Marta St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: stepanov@ipae.uran.ru).

Bogdanova Elena Nikolaevna — Research Scientist, Laboratory of Ecology of Fishes and Aquatic Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS (202, 8 Marta St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: ben@ipae.uran.ru).

Melnichenko Irina Pavlovna — PhD in Biology, Senior Research Scientist, Laboratory of Ecology of Fishes and Aquatic Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS (202, 8 Marta St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: Melnichenko@ipae.uran.ru).

Yarushina Margarita Ivanovna — PhD in Biology, Senior Research Scientist, Laboratory of Ecology of Fishes and Aquatic Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS (202, 8 Marta St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: nvl@ipae.uran.ru).