# ЯДРЕНКИНА Елена Николаевна

# СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ В ЗАМОРНЫХ ОЗЕРАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Специальность 03.02.08 — экология (биологические науки)

#### АВТОРЕФЕРАТ ии на соискание ученой

диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук

	ии паразитологии Учреждения Российской академии экологии животных Сибирского отделения РАН
Научный консультант:	доктор биологических наук, профессор Яковлев Владимир Николаевич
Официальные оппоненты:	доктор биологических наук, профессор Морузи Ирина Владимировна
	доктор биологических наук, профессор Пронин Николай Мартемьянович
	доктор биологических наук, профессор Романов Владимир Иванович
Ведущая организация: ГОУ ВГ	ПО «Тюменский государственный университет»
	и на заседании диссертационного совета Д 212.267.10 пъный исследовательский Томский государственный 0 г. Томск, пр. Ленина, д. 36
-	акомиться в Научной библиотеке при ФГБОУ ВПО вский Томский государственный университет»
Автореферат разослан	
Ученый секретарь, кандидат биологических наук	Е.Ю. Просекина

#### **ВВЕДЕНИЕ**

#### Актуальность

Преобразование биоты под влиянием изменения климата и усиления антропогенного воздействия на природные комплексы — проблема планетарного масштаба. В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы жизнеспособности биологических систем в критических условиях среды.

Рыбы – конечное звено трофической цепи большинства внутренних водоемов. По сути, состояние ихтиофауны (видовое разнообразие, численность и биомасса) опосредованно отражает «благополучие» водной экосистемы в целом продуктивности и стабильности. Обращаясь к проблеме адаптивной стратегии рыб, ихтиологи обращают внимание на то, что разработка этого вопроса позволяет оценивать приспособительные возможности вида, его пластичность, способность изменяться в прямом соответствии с изменениями условий жизни (Монастырский, 1953; Шкоробогатов, 1973, 1984; Никольский, 1974; Майр, 1974; Поляков, 1975; Яблоков, 1980; Северцов, 1987; Алтухов, 1993, 2007 и др.). Со второй половины XX века особое внимание исследователи уделяют адаптациям рыб к условиям гипоксии – от особенностей протекания биохимических и физиологических процессов при хроническом недонасыщении тканей кислородом до сложных поведенческих реакций (Павлов, 1979, 1997; Cramer, 1987; Wu, 2002; Новиков, 2010 и др.). На примере разных видов рыб показано, что условия гипоксии отражаются на жизненно важных функциях организма, таких как темп роста (Бретт, 1983; Burleson et al., 2001 и др.), активность дыхания (Gee & Gee, 1991; Солдатов, 2003; Запруднова, Камшилов, 2007, 2008 и др.), функционирование эндокринной системы (Юдаев и др., 1976; Leggatt et al., 2003), скорость созревания и физиологическое состояние гонад (Wu et al., 2003; Ori, 2003), функционирование сигнальной системы связей у стайных видов (Crampton, 1998), питание (Pihl et al., 1992; Михеев, 2006; Герасимов, Столбунов, 2007; Кузьмина, 2009), плавательная активность (Dmenici et al., 2000; Озернюк, 2006), уровень выживания (Кирпичников, 1953; Сорвачев, 1957; Lewis, 1970; Winn, Knott, 1992; Matthew, Berg, 1997; Rees et al., 2001; Carim et al., 2003 и др.). Доказано, что устойчивость разных видов рыб к содержанию растворенного в воде кислорода видоспецифична (Кляшторин, 1982; Константинов, 1983; Blumberg, Di Toro, 1990; Константинов, Шолохов, 1993; Stefan et al., 1993; Fang et al., 1999 и др.), а границы толерантности к условиям гипоксии зависят от возраста организма и изменяются по мере его роста и развития (Кошелев, 1978, 1989; Кляшторин, 1982; Pfeiler, 2001; Burleson et al., 2001; Михайленко, 2002 и др.). Однако результаты подавляющего большинства этих исследований получены в эксперименте, а в условиях естественных водоемов немногочисленны и ограничены разрозненными сведениями. Кроме того, работы зарубежных специалистов, как правило, связаны с изучением замора как спорадического явления, получившего свое развитие вследствие того или иного типа ненормируемого антропогенного воздействия (Verheyen et al., 1994; Chapman et al., 1995; Schultz et al., 1998; Öhman et al., 2006; Cott et al., 2008 и др.).

По широте проявления заморных процессов Западная Сибирь не имеет аналогов. Известно, что ежегодно сотни тонн рыбы гибнет в период зимнего истощения запасов кислорода в русле Средней и Нижней Оби и озерах Обь-Иртышского междуречья, что привлекло внимание исследователей к изучению заморов для решения прикладных задач - выявления мест локализации промысловых видов рыб в период зимовки в Обском бассейне и крупных озерах, а также разработки мер по искусственному аэрированию воды (Юданов, 1929; Иванчинов, 1934; Мосевич,

1947, 1949, 1959). При этом, несмотря на широко распространенное мнение о распространении заморных водоемов по всей площади Западно-Сибирской равнины, в научной литературе отсутствуют сведения, позволяющие оценить географическую область, в пределах которой расположен комплекс заморных озер. До настоящего времени отсутствуют знания о закономерностях функционирования популяций рыб в условиях заморных водоемов, без чего невозможно соразмерить скорость сукцессии как в масштабах протекания естественных процессов, так и под воздействием антропогенных факторов. Отсутствует единая понятийная основа для описания заморных явлений. Все это затрудняет изучение механизмов гомеостаза биотического комплекса внутренних водоемов в критических условиях среды, в том числе, при развитии жесткой гипоксии.

# Цель работы

Выявление закономерностей структурно-функциональной организации ихтиокомплексов в заморных озерах Западно-Сибирской равнины и стратегии поведенческих адаптаций рыб к условиям периодического развития гипоксии.

#### Основные задачи:

- 1. изучить видовое богатство и структуру рыбного населения озер умеренного климатического пояса Западной Сибири на современном этапе;
- 2. оценить сопряженность структуры ихтиокомплексов с гидроэкологическими типами озер лесоболотной, лесостепной и степной зон Западно-Сибирской равнины;
- 3. выявить комплекс абиотических и биотических факторов, лимитирующих видовое разнообразие рыб в озерных системах региона;
- 4. на примере крупного заморного водоема (бассейн оз. Чаны) изучить внутригодовой цикл пространственно-временной организации популяций оксифильных видов рыб и видов, резистентных к дефициту растворенного в воде кислорода;
- 5. выявить экологические механизмы реализации жизненного цикла рыб в условиях заморного водоема (бассейн оз. Чаны);
- 6. установить основные жизненные стратегии оксифильных видов рыб, обуславливающие популяционный гомеостаз в заморных озерах изучаемого региона (на примере оз. Чаны);
- 7. определить структурно-функциональную роль чужеродных видов рыб в озерных биоценозах Западно-Сибирской равнины.

# Основные положения, выносимые на защиту

- 1. В аспекте географической зональности заморные озера в границах умеренного климатического пояса Западно-Сибирской равнины расположены в пределах степной и лесостепной зон. В озерных системах лесоболотной зоны заморные процессы носят эпизодический характер.
- 2. Видовое богатство рыб разнотипных озер Западной Сибири определяют периодичность развития условий гипоксии, уровень обводнения территории, степень промерзания водного столба в период ледостава.
- 3. Пространственно-временная организация популяций рыб в заморных озерах сопряжена с реагированием на развитие гипоксии, проявляющимся в перемещениях стад на участки акватории с наиболее благоприятным газовым режимом. Реализация жизненного цикла оксифильных видов рыб обеспечивается миграционной активностью (эффективное освоение нерестовых, нагульных и зимовальных площадей) и гетерогенностью популяций (в качестве компенсаторного механизма регуляции численности при чередовании трансгрессивно-регрессивных фаз водности).

4. Усиление функциональной роли чужеродных видов рыб в озерах Западной Сибири угрожает нарушением механизмов саморегуляции численности популяций аборигенных видов и рыбопродуктивности водоемов в целом.

#### Научная новизна

- 1. Изучено видовое богатство рыб разнотипных озер умеренного климатического пояса Западно-Сибирской равнины на современном этапе. Доказана сопряженность видового состава рыбного населения озерных систем с географической зональностью и гидроэкологическими типами водоемов.
- 2. Выявлены механизмы пространственно-временной организации речных и озерных ихтиокомплексов в условиях заморного водоема.
- 3. Определены закономерности сезонной динамики структуры ихтиокомплексов лотических и лентических участков оз. Чаны; полученные результаты важная составляющая познания пределов толерантности разных видов к внутригодовым флуктуациям гидрологического и гидрохимического режимов заморного водоема.
- 4. Установлена гетерогенность популяций оксифильных видов рыб в бассейне оз. Чаны, изучен внутригодовой цикл их пространственной организации при флуктуациях жизненно-важных параметров среды.
- 5. Доказано усиление функциональной роли вселенцев в период аридизации территории, проявляющееся в вытеснении аборигенных видов и снижении рыбопродуктивности водоемов юга Западной Сибири.
- 6. Разработана концепция функционирования популяций рыб в заморных озерах умеренного климатического пояса, их жизнеспособности в критических условиях среды.

#### Вклад соискателя

Изучением рыбного населения разнотипных озер Западной Сибири, в том числе, - видового состава и пространственно-временной организации популяций рыб, автор диссертационной работы самостоятельно занимается с 1984 г. в большинстве экспедиций, охватывающих 27-летний период исследований, выступает в качестве ответственного лица за выполнение программ НИР Российской академии наук и хоздоговорных работ. При участии автора проводилось обследование озерного комплекса региона, включая отборы образцов воды на гидрохимический анализ, гидробиологических и ихтиологических проб, первичную обработку материала. Соискателем созданы остеологическая коллекция и коллекция молоди массовых видов рыб бассейна оз. Чаны на разных этапах онтогенеза. Автором разработана региональная программа по созданию кадастра заморных озер Новосибирской области, в реализации которой соискатель принимал непосредственное участие. В ходе выполнения исследовательских работ получены новые сведения по составу ихтиокомплексов озер региона, разработаны научные основы эксплуатации водных объектов в рыбохозяйственных целях.

#### Теоретическая и практическая значимость

1. Результаты исследования вносят значительный вклад в развитие теории гомеостаза водных биологических систем, их жизнеспособности при чередовании трансгрессивно-регрессивных фаз обводнения территории юга Западной Сибири. Они могут использоваться для построения программ по изучению организации, саморегуляции и жизнеспособности биологических комплексов в критических условиях среды.

- 2. Полученные данные важны для оценки границ толерантности гидробионтов региона к флуктуациям среды и антропогенным воздействиям на водные объекты.
- 3. Материалы по видовому составу рыбного населения озер равнинных территорий Сибири отражают современные тенденции преобразования биотического комплекса разнотипных водоемов региона. Выявленные закономерности сопряженности динамики пространственной организации рыб с параметрами внешней среды рекомендованы к использованию природоохранным учреждениям для разработки программ рациональной эксплуатации и охраны водных биологических ресурсов.
- 4. Выявленный комплекс фенотипических признаков, маркирующих внутрипопуляционные группы, позволяет оценивать пространственную структуру популяций и прогнозировать динамику численности оксифильных видов рыб в водных объектах с широким спектром варьирования показателей гидрологического и гидрохимического режимов.
- 5. Картирование мест размножения массовых видов рыб в бассейне оз. Чаны позволило выявить комплекс факторов, определяющих успех реализации репродуктивного потенциала популяций разных видов рыб в зависимости от условий года. Данные о распределении разных видов рыб по акватории бассейна оз. Чаны в периоды размножения, нагула и зимовки могут быть рекомендованы для формирования программ по оценке численности промысловых стад и общих допустимых уловов, организации и проведения рыбохозяйственных и рыбоохранных мероприятий.
- 6. Полученные материалы являются важной составляющей кадастра заморных водоемов юга Западной Сибири и могут использоваться в качестве обоснования при составлении и принятии хозяйственных решений по эксплуатации исследованных водных объектов.

#### Реализация и внедрение результатов исследования

- 1. Соискателем разработана и реализована региональная программа по созданию кадастра заморных озер Карасукского и Венгеровского районов Новосибирской области. В ходе выполнения исследовательских работ получены новые сведения по составу ихтиокомплексов озер региона в период аридизации территории, разработаны научные основы эксплуатации водных объектов в рыбохозяйственных целях. Работы проведены в 2006-2007 гг., материалы представлены в Департамент охраны природных ресурсов и окружающей среды Новосибирской области. Новые сведения по водным биологическим ресурсам озерного комплекса разных географических зон Западно-Сибирской равнины, а также база данных о состоянии рыбного населения рекомендованы разнотипных озер использованию организациям, К регламентирующим природопользование в регионе, для коррекции рабочей документации.
- 2. Под руководством соискателя опубликована коллективная монография «Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь)», которая представляет собой аналитическую сводку видового разнообразия водных и околоводных биоценозов, а также характеристику структурно-функциональной организации биоты рек и озер в условиях чередования трансгрессивно-регрессивных фаз увлажнения территории. Книга рассчитана на научных сотрудников, преподавателей и учащихся высших учебных заведений биологического и экологического профиля, а также работников региональных служб в области охраны природы и природопользования.

3. Материалы диссертации использованы при разработке курсов лекций «Общая экология», «Инженерная экология» и «Экология» для студентов Сибирской геодезической академии (г. Новосибирск), Новосибирской государственной академии водного транспорта (2000-2005 гг.), а также частично предоставлены для выполнения дипломных проектов студентам биологических факультетов курсовых Новосибирского университета, Новосибирского государственного педагогического Новосибирского государственного агроуниверситета, университета, Сибирской Новосибирской геодезической академии (Новосибирск), академии водного транспорта, Томского государственного университета, стажировок молодых специалистов.

### Апробация работы

Основные положения диссертационной работы изложены и обсуждены на региональных, всероссийских и международных научных кворумах, в том числе: на VI съезд ВГБО (Мурманск, 1991), конф. «Многолетние гидробиологические наблюдения на внутренних водоемах: Современное состояние и перспективы» (Санкт-Петербуг, 1994), регион. конф. «Особо охраняемые территории Алтайского края, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда» (Барнаул, 1995), всерос. конф. «Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах (Томск, 1996), регион. конф. «Проблемы биологического разнообразия Южной Сибири» (Кемерово, 1997), Первом конгрессе ихтиологов России (Астрахань, 1997), научно-практич. конф. «Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование» (Новосибирск, 1997), научно-практич. конф. «Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования» (Томск, 1998), научно-практич. конф. «Особо охраняемые территории Алтайского края и сопредельных регионов, тактика сохранения видового разнообразия и (Барнаул, 1999), всерос. конф. «Экология рациональное генофонда» И природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы» (Томск, 2000), междунар. конф. «Проблемы гидроэкологии на рубеже веков» (Санкт-Петербуг, 2000), «Сибирской Зоологической конференции» (Новосибирск, 2004), «The Proceeding of the 11th International Symposium on river and lake environments» (Tokio, 2004), Intern. conf. «Aquatic ecology at the dawn of XXI century» (St.-Petersburg, 2005), научн. конф. «Биологические аспекты рационального использования и охраны водоемов Сибири» (Томск, 2006), междунар. конф. «Озерные экосистемы: Биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск, 2007), междунар. конф. «Актуальные проблемы экологии природопользования Казахстане И В 2007), междунар. конф. «Современное сопредельных территориях» (Павлодар, состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 2008), междунар. конф. «Проблемы и перспективы использования водных биоресурсов Сибири в XXI веке» (Красноярск, 2008), научно-практ. конф. «Проблемы и перспективы территориальной охраны природы в Новосибирской области и сопредельных регионах» (Новосибирск, 2008), Х съезда Гидробиологического общества Российской академии наук (Владивосток, 2009), IV всерос. конф. «Поведение рыб» (Борок, 2010), III International Symposium «Invasion of alian species in holarctic» (Mishkin, 2010), 4th International Scientific Conference «Modern problems of aquatic ecology» (St.-Petersburg, 2010), междунар. конф. «Современное состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 2010).

### Публикации

Основные теоретические и практические результаты диссертации приведены в 95 публикациях, среди которых 14 статей в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, и в списке Web of Science.

#### Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов и заключения. Изложена на 418 страницах машинописного текста, включает 77 рисунков, 53 таблицы, 5 приложений, в списке цитируемой литературы приведены 521 наименований, среди которых 409 отечественных и 112 зарубежных публикаций.

#### Благодарности

Выражаю признательность сотрудникам Чановского стационара Ю.А. Щербакову, А.П. Щербакову ИСиЭЖ СО РАН А.Б. Щербаковой, И канд. геол.-мин. наук А.В. Ядренкину (ИНГГ СО РАН), к.б.н. Е.А. Интересовой (ИСиЭЖ СО РАН), за плодотворное сотрудничество на протяжении многих лет. Искренне благодарю всех сотрудников ИСиЭЖ СО РАН, ИВЭП СО РАН, кафедры ихтиологии и гидробиологии Томского госуниверситета, кафедры биологии, биоресурсов и аквакультуры Новосибирского государственного агроуниверситета, оказавших поддержку в работе над диссертацией. Особую признательность за консультативную помощь при формировании и обобщении полученных данных, критические которые способствовали улучшению замечания, представленного материала, выражаю своему научному консультанту д-ру биол. наук В.Н. Яковлеву (ИБВВ РАН им. И.Д. Папанина), а также д-ру биол. наук Ю.С. Равкину, д-ру биол. наук Л.Г. Вартапетову и д-ру биол. наук Е.А. Новикову (ИСиЭЖ СО РАН), канд. геогр. наук Н.В. Савченко (Новосибирский университет потребкооперации), д-ру биол. наук П.А. Попову и канд. биол. наук В.А. Смирнову (ИВЭП СО РАН), канд. биол. наук А.Н. Касьянову, канд. биол. наук А.В Кожара, канд. биол. наук Ю.В. Слынько, д-ру биол. наук А.С. Крылову и д-ру биол. наук В.Г. Терещенко (ИБВВ РАН им. И.Д. Папанина), канд. биол. наук А.М. Насеке (ЗИН РАН), д-ру биол. наук А.Д. Мочеку и д-ру биол. наук Ю.С. Решетникову (ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова).

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ ГЛАВА 1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе выполнения многолетних исследований, охвативших период 1990-2007 гг., собраны сведения по морфометрии 69 озер умеренного климатического пояса. Западно-Сибирской равнины, особенностям их гидрологического и гидрохимического режимов (26 озер лесоболотной зоны, 22 - лесостепной и 21 - степной). Безымянные озера были пронумерованы: 1,2 и 3 имеют сообщение с оз. Тайлоково, 4 - с оз. Пильтанлор, 5, 6, 7 - с оз. Вырастоу. Проведена ревизия состояния биоты, включая структурно-функциональную характеристику сообществ гидробионтов, организацию популяций в пространстве и во времени (рис. 1.1).

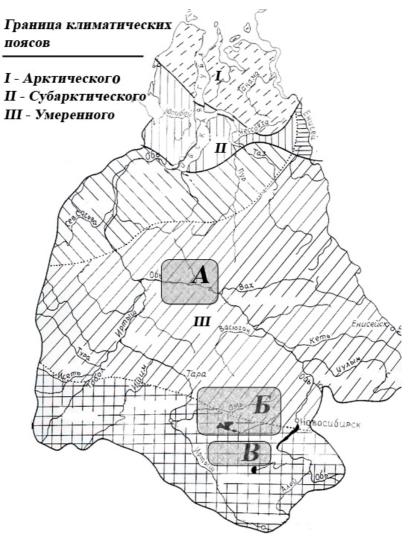


Рис. 1.1. Климатическое районирование Западно-Сибирской равнины (Атлас СССР, 1984. Расположение мест изучения озерного комплекса в границах умеренного климатического пояса обозначено серым цветом: А - лесоболотная зона (Сургутский озерный район и прилегающие территории), Б - лесостепная зона (Чано-Барабинский озерный район), В - степная зона (Кулундинский озерный район)

Типизация озер основана на результатах собственных исследований, включающих измерение глубин, расчет площади акватории, степени ее зарастания гелофитами и макрофитами, толщины льда в зимний период, содержания растворенного в воде кислорода, общей минерализации воды, рН, отбор гидробиологических проб и отлов рыб, а также материалы космической съемки (система Google, Europa Technologies Image, TerraMetries, 2007).

Отлов рыб проводили с использованием активных и пассивных орудий лова — бреднями, неводами и ставными жаберными сетями. Расчеты общей ихтиомассы и рыбопродуктивности проведены по С.П. Китаеву (1984). Тип водоема по составу рыбного населения устанавливали по видам, доля которых превышала 50 % общей ихтиомассы. Общий объем материала по озерам лесоболотной зоны составили 1888 экз. рыб, лесостепной зоны - 1519 экз., степной - 1024 экз. Сравнение видового состава рыб озер разных географических зон оценивали с использованием кластерного анализа и индекса Жаккара. Пространственную организацию популяций оксифильных видов изучали, опираясь на результаты анализа видового состава

контрольных уловов разновозрастных рыб в речной и озерной системах бассейна озера Чаны в периоды открытой воды (рис. 1.2) и ледового покрова. Сравнительный анализ полученных данных проводили стандартными методами математической статистики (Лакин, 1980; Плохинский, 1982) и многомерного анализа (Дюрал, Оделл, 1977; Мина, 1986).

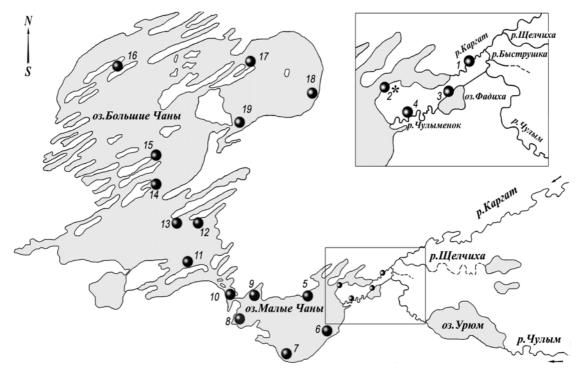


Рис. 1.2. Расположение точек отлова молоди по акватории бассейна оз. Чаны. Речная система: 1 - нижнее течение р. Каргат, 2 - зал. Золотые Россыпи, 3 - оз. Фадиха, 4 - нижнее течение р. Чулым; оз. Мал. Чаны: 5 - северное побережье, 6 - восточное побережье, 7 - южное побережье, 8 - западное побережье, 9 - зал. Журавленок, 10 - пр. Кожурла; оз. Бол. Чаны: 11 - южное побережье, 12-14 - Чиняихинский плес, 15-16 - Тагано-Казанцевский плес, 17-19 - Ярковский плес

Расположение основных нерестилищ рыб оценивали по данным контрольных отборов икры на речных и озерных биотопах (1984 г. - 54 проб, 1985 г. - 61 проба, 1990 г.- 31 проба), а также распределения личинок (в 1985 г. - 45 выборок, 1987 г. - 29, 1988 - 35, 1989 - 60, 1990 - 31, 2002 - 11, 2006 - 6). Возрастные группы ранней молоди (этапы развития личинок и мальков) устанавливали по С.Г. Крыжановскому (1950) и В.В. Васнецову (1953), видовое определение - по А.Ф. Коблицкой (1981). Названия видов рыб приведены по классификации Ю.С. Решетникова с соавторами (2010).

Контрольная станция мониторинга нерестовых и зимовальных миграций производителей, а также покатной миграции молоди расположена в русловой части притока оз. Мал. Чаны - р. Каргат, в 1.5 км выше устья (рис. 1.2, точка 1). Миграционную активность рыб изучали по результатам анализа состава уловов. В период открытой воды для отлова использовали личиночные и мальковые сачки, мальковый невод и разноячейные ставные жаберные сети, в период ледового покрова - разноячейные жаберные сети и вентерь, частично перекрывающий русло реки, ловчие конуса которого были ориентированы в обоих направлениях относительно основного потока.

Изучение миграции личинок, молоди первого года жизни и половозрелых рыб проводили по аналогии с ранее проведенными исследованиями (Радаков, 1972; Баранникова, 1975; Павлов, 1981, 1984, 1990; Поддубный, Малинин, 1988; Павлов и др., 2005). За период 1989-1991 гг. отобрана 101 проба личинок и ранних мальков (всего - 22877 экз.). Кривую изменения частоты встречаемости каждой возрастной группы «покатников» строили по показателю среднесуточного количества скатывающихся личинок (в процентах от общей численности) с интервалом каждого класса 2 суток.

Исследования нерестового хода и размножения рыб проведены в 1985-2006 гг. с учетом размерно-возрастной и половой структуры нерестовых сад, степени зрелости гонад; (всего - 3124 экз.). Кривая динамики нерестового хода отражает количество особей, прошедших в течение суток в пересчете на одну контрольную сеть.

Зимовальные миграции изучали в 1999-2008 гг. При отлове вентерем (с периодичностью 3-5 сут.) учитывали временную динамику перемещений рыб между речной и озерной системами, видовую и размерно-возрастную структуру (всего - 47232 экз. рыб).

Методика выявления внутрипопуляционных групп карповых рыб основана на морфологических вариабельности счетных выборок характеризующихся остеометрических признаков, высокой наследственной обусловленностью и ранним проявлением в онтогенезе (Алтухов, 1974, 1993, 2003; Кирпичников, 1987). Внутрипопуляционную структуру оксифильных видов рыб сравнительного оценивали методом анализа изменчивости фенотипов пространственно разобщенных выборок рыб (Яковлев и др., 1981). Коллекционный фонд ИСиЭЖ СО РАН, в создании которого соискатель принимал непосредственное участие, составляют 683 экз. язя (1989-1991 гг.) и 269 экз. плотвы (1990-1999 гг.). В качестве массива данных использованы совокупности показателей морфометрической изменчивости (22 пластических и 4 меристических признаков), в качестве дискретных остеометрических признаков - варианты числа позвонков в разных отделах осевого скелета и формулы глоточных зубов (6 признаков).

Попарное сравнение показателей морфометрической изменчивости выборок проводили по критерию Стьюдента (Лакин, 1980; Плохинский, 1982), сравнение выборок по совокупности пластических признаков - с использованием индекса дивергенции Кульбака (Андреев, Решетников, 1977; Дюрал, Оделл, 1977), различия между выборками по комплексу остеометрических признаков - по индексу Животовского (1982). Дифференцирование выборок друг относительно друга в пространстве комплекса рассматриваемых пластических и остеологических признаков оценивали с использованием дискриминантного анализа, взаимное расположение выборок - методом древовидной кластеризации в пространстве евклидовых расстояний. Многомерный анализ проведен с использованием пакета программ для ПК «Statistica 6.0».

Общий объем материала, используемого в работе, составили 119464 экз. разных видов разновозрастных рыб.

# ГЛАВА 2. ОЗЕРА УМЕРЕННОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОЯСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК СРЕДА ОБИТАНИЯ РЫБ

Озера умеренного климатического пояса различаются происхождением, особенностями гидрологических и гидрохимических параметров, что обуславливает

их многообразие в качестве среды обитания рыб. В приложении к диссертации приведена развернутая информация об основных показателях морфометрии озерных котловин, гидрохимических и гидрологических характеристик и свойств, полученных в ходе комплексного обследования водоемов лесоболотной, лесостепной и степной зон Западно-Сибирской равнины (1996, 2006-2007 гг.). Полученные данные свидетельствуют о существенных различиях водоемов разных климатических зон в качестве среды обитания рыб.

Химический состав озерных вод лесоболотной зоны характеризуется малой минерализацией (в мелководных - в пределах 50-100 мг/л, в глубоководных – 190-300 мг/л), незначительным содержанием органических веществ, относительно низкими значениями величин рН (< 7.0). Преобладают ионы Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

воды лесостепной сравнению зоны (по характеризуются более высокой минерализаций (> 400 мг/л), накоплением органического вещества в виде иловых отложений и детрита, толщина которых часто превышает 0.5 м, высокой щелочностью (pH > 8.0). Преобладают ионы  $Cl^-$ ,  $Na^+$  и НСО₃-. Набольшая вариабельность гидрологического и гидрохимического режима характерна для оз. Чаны - самого крупного водоема Западно-Сибирской равнины. Будучи бессточным, оно служит индикатором фаз повышенной и пониженной водности: при чередовании трансгрессивно-регрессивных фаз общего увлажнения территории проявляется «пульсация» водоема - колебания уровня воды и площади акватории отражаются на биологических процессах, протекающих в озере (Шнитников, 1982; Пульсирующее озеро Чаны, 1982; Максимов, 1984, 1989; Экология озера Чаны, 1986).

В границах умеренного климатического пояса озерам степной зоны по гидрохимическим показателям вод свойственна самая высокая минерализациея, часто превышающая 1000~мг/л, и высокая щелочность (pH > 8.0). Преобладают ионы Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и Cl<sup>-</sup>.

В качестве среды обитания рыб водоемы всех трех зон по гидроэкологическим параметрам разделены на 4 основных типа: I - глубоководные, сообщающиеся с речной системой; II - глубоководные изолированные; III - мелководные проточные частично промерзающие; IV - мелководные изолированные частично или полностью промерзающие. В степной зоне, помимо выше приведенных типов, озера могут быть ранжированы по степени минерализации вод на пресные, солоноватоводные и осолоненные.

Важная особенность многих озер Западно-Сибирской равнины - периодическое развитие заморных явлений, связанных с дефицитом растворенного в воде кислорода в периоды зимней и летней стагнации воды. Согласно полученным данным, в период максимального нарастания льда (март, 2007 г.) концентрация растворенного в воде кислорода в большинстве озер лесостепной и степной зон варьирует в пределах 0.1-1.0 мг/л, критических для выживания многих видов рыб. Кроме того, по мере нарастания льда в мелководных озерах многократно увеличивается минерализация оставшегося горизонта воды (до 5-10 г/л и более), и ее температура опускается до отрицательных значений и достигает -2.5°С, что выступает одним из важных факторов, отрицательно сказывающихся на жизнеспособности рыб. В этих условиях выживают виды, характеризующиеся высокой толерантностью к дефициту растворенного в воде кислорода, способные минимизировать свои энергетические затраты и зарыться в ил, температура которого существенно выше (серебряный и

золотой караси, озерный гольян). Таким образом, риск зимней гибели рыб рассматривается в основном как функция взаимодействия стрессов - асфиксии и переохлаждения, приводящих к энергетическому истощению организма, что согласуется с теорией зимнего стресса A.D. Lemly (1993, 1996).

Относительно благоприятные условия формируются только в немногочисленных глубоководных озерах, сообщающихся с речной системой: в Барабинской низменности это Чаны, Сартлан и Байдово, в Кулундинской степи - Кривое, Хорошее и Хорошонок. Эти водоемы служат природных резерватами видового богатства рыб озерного комплекса лесостепной и степной зон.

Соискатель дифференцированно трактует понятия «замор», «заморность», «заморный процесс», и «заморный водоем». «Замор» рассматривается как случай массовой гибели гидробионтов при резком снижении кислорода в воде; «заморность» - свойственное водоемам определенного гидроэкологического типа периодическое (циклическое) развитие гипоксии, приводящее к частичной или массовой гибели гидробионтов; «заморный процесс» отражает динамику развития гипоксии и формирование условий, не совместимых с жизнеспособностью гидробионтов; «заморный водоем» - водный объект, характеризующийся периодическим развитием гипоксии, и массовой гибелью гидробионтов с низким уровнем резистентности к дефициту растворенного в воде кислорода. Эти термины отражают разные категории причинно-следственных связей между качеством среды и гибелью гидробионтов. При этом следует учитывать, что по силе проявления заморные процессы варьируют в зависимости от условий каждого конкретного года, и редко единовременно охватывают всю площадь акватории водоема.

На современном этапе построение модели заморного водоема, охватывающей весь комплекс взаимодействия биотических и абиотических факторов, под влиянием которых формируются условия гипоксии, проблематично. В соответствии с поставленными задачами, в качестве индикатора статуса водоема использована структура верхнего трофического звена - рыб. На основании анализа опубликованных данных и собственных результатов исследований показано, что рыбное население разнотипных озер региона слагают как виды, толерантные к условиям дефицита растворенного в воде кислорода (карась, линь, карп), так и оксифильные (судак, плотва, щука, окунь, лещ и язь). Помимо гидроэкологических параметров водоемов, видовой и размерно-возрастной состав рыбного населения опосредованно отражает уровень заморности тестируемых озер.

# ГЛАВА 3. ИХТИОФАУНА ОЗЕР УМЕРЕННОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОЯСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Аборигенный состав рыб, обитающих в водоемах Западно-Сибирской равнины, объединяет 48 видов (Гундризер, Иоганзен, Кривощеков, 1984; Атлас пресноводных рыб..., 2002; Попов, 2007). Однако озерный комплекс рыб умеренного климатического пояса региона ограничен 19-тью видами, поскольку в своем большинстве оксифильные виды, обитающие в Оби и Иртыше, не выдерживают условия зимней и летней гипоксии небольших равнинных водотоков и озер.

В главе в виде таблиц и графических изображений приведены данные по видовому составу рыбного населения разнотипных озер, расположенных в границах лесоболотной, лесостепной и степной зон.

Список видов рыб, обитающих в озерных системах умеренного климатического пояса Западно-Сибирской равнины

#### КЛАСС КОСТНЫЕ РЫБЫ - OSTEICHTHYES

#### ОТРЯД ЛОСОСЕОБРАЗНЫЕ - SALMONIFORMES

СЕМЕЙСТВО СИГОВЫЕ - Coregonidae

1. Пелядь - Coregonus peled (Gmelin, 1789)

СЕМЕЙСТВО ЩУКОВЫЕ - Esocidae

2. Обыкновенная щука - Esox lucius Linnaeus, 1758

#### ОТРЯД КАРПООБРАЗНЫЕ - CYPRINIFORMES

#### СЕМЕЙСТВО КАРПОВЫЕ - Cyprinidae

- 3. Плотва Rutilus rutilus (Linnaeus, 1758)
- 4. Язь Leuciscus idus (Linnaeus, 1758)
- 5. Елец Leuciscus leuciscus (Linnaeus, 1758)
- 6. Озёрный гольян Phoxinus percnurus (Pallas, 1814)
- 7. Обыкновенный гольян Phoxinus phoxinus (Linnaeus, 1758)
- 8. Верховка Leucaspius delineatus (Heckel, 1843)
- 9. Уклейка Alburnus alburnus (Linnaeus, 1758)
- 10. Лещ Abramis brama (Linnaeus, 1758)
- 11. Линь *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)
- 12. Золотой карась Carassius carassius (Linnaeus, 1758)
- 13. Серебряный карась Carassius auratus (Linnaeus, 1758)
- 14. Сазан (обыкновенный карп) *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758
- 15. Пескарь Gobio gobio (Linnaeus, 1758)

#### ОТРЯД ОКУНЕОБРАЗНЫЕ - PERCIFORMES

#### СЕМЕЙСТВО ОКУНЕВЫЕ - Percidae

- 16. Речной окунь Perca fluviatilis Linnaeus, 1758
- 17. Обыкновенный судак Sander lucioperca (Linnaeus, 1758)
- 18. Обыкновенный ерш Gimnocephalus cernuus (Linnaeus, 1758)

#### СЕМЕЙСТВО ГОЛОВЕШКОВЫЕ - Odontobutidae

19. Ротан-головешка - Perccottus glenii Dybowski, 1877

*Примечание:* далее по тексту приводятся сокращенные наименования видов - щука, окунь, судак, ерш. В некоторых случаях в иллюстративном материале названия серебряного и золотого карасей, а также озерного гольяна сокращены - сер. карась, зол. карась, оз. гольян.

В озерах лесоболотной зоны (за исключением пойменных водоемов Приобья) обитают 12 видов рыб: пелядь щука, плотва, язь, елец, золотой карась, серебряный карась, пескарь, линь, озерный гольян, окунь, ерш. По численности доминируют окунь, щука, плотва, язь и ерш. Результаты проведенного анализа свидетельствуют, что геоморфология озерных котловин и характер гидрологического режима отражаются на составе населения рыб, дифференцируя водоемы на четыре основных типа (рис. 3.1-3.2).

I. Озера, сообщающиеся с притоками Оби первого порядка (оз. Сорнолор и др.); по содержанию гуминовых веществ, окисляемости и прозрачности относятся к мезогумозному типу; кислородный режим в теплый период года благоприятный; имеются условия для реализации всех этапов онтогенеза рыб (нерест, развитие икры,

нагул личинок и молоди) и расселения в другие водные объекты; доминируют карповые (язь, плотва, серебряный карась); средняя рыбопродуктивность - 21 кг/га.

II. Глубоководные бессточные озера (глубины более 5 м) - Кинтус, Пильтанлор, Сыхтымлор, Чагорово; по содержанию гуминовых веществ, окисляемости и прозрачности относятся к мезогумозному типу; кислородный режим благоприятный; имеются условия для реализации всех этапов онтогенеза и расселения рыб в другие водные объекты; доминирующий комплекс представлен окунем и плотвой; средняя рыбопродуктивность - 16.2 кг/га.

III. Относительно глубоководные непромерзающие озера (глубины 2.0-2.5 м) Люхагунлор, Пыхтымлор, Тайлаково, Егурьеганлор и др.; по содержанию гуминовых веществ, окисляемости и прозрачности относятся к мезогумозному или полигумозному типам; кислородный режим благоприятный; обитающие рыбы имеют условия для реализации всех этапов онтогенеза; доминируют щука и окунь; средняя рыбопродуктивность - 5.4 кг/га.

IV. Мелководные частично промерзающие в зимний период озера Кехтымлор, Кульеганлор, Люхъягунлор, Нелымгунлор, Токотымлор, Унтерлор и др. по содержанию гуминовых веществ, окисляемости и прозрачности относятся к мезогумозным или полигумозным типам; кислородный режим относительно благоприятный; для большинства местных видов рыб отсутствуют условия для реализации всех этапов онтогенеза; доминирует окунь; средняя рыбопродуктивность - 3.2 кг/га.

Все рыбы, обитающие в исследованных водоемах, по классификации Б.Г. Иоганзена (1972) относятся к озерно-речному и озерному комплексам. В составе рыбного населения преобладают оксифильные виды, характеризующиеся относительно низким уровнем толерантности к дефициту растворенного в воде кислорода, - ерш, окунь, язь и плотва, что опосредованно свидетельствует о благоприятном газовом режиме водоемов лесоболотной зоны. Поэтому основным фактором, лимитирующим видовое богатство рыб этой географической зоны, выступает степень промерзания водного столба большей части акватории многих мелководных озер в зимний период.

Ихтиофауну озерного комплекса лесостепной зоны слагают 18 видов: 9 аборигенных (щука, золотой карась, пескарь, язь, елец, озерный гольян, плотва, линь, окунь) и 9 чужеродных (пелядь, лещ, уклейка, верховка серебряный карась - подвид *C.a.gibelio*, сазан, вьюн Никольского, судак, ротан-головешка).

В периоды низкого уровня обводнения территории большинство озер заморные, и состав рыбного населения не превышает 1-3 видов. Только в крупных глубоководных водоемах на относительно стабильном уровне поддерживается видовое разнообразие рыб (озера Чаны и Сартлан). Однако и в них на фазе затяжной регрессии, по биомассе и численности преобладают золотой и серебряный караси (рис. 3.3-3.4).

Озера лесостепной зоны мелководны и характеризуются чрезвычайно высокой амплитудой колебаний размеров площади акватории по причине сезонных и многолетних флуктуаций уровня воды. В качестве среды обитания рыб разбиваются на 4 основных типа:

І. Глубоководые крупные озера Сартлан и Чаны, имеющие сток или притоки; состав населения рыб превышает 6 видов; в оз. Чаны по численности и биомассе преобладают серебряный карась и окунь; ихтиофауна озера Сартлан отличается от всех других озер по причине активной рыбоводно-хозяйственной эксплуатации:

состав рыбного населения определяется текущей схемой зарыбления водоема и организации промыслового лова; рыбопродуктивность варьирует в пределах 20-30 кг/га.

- II. Мелководные бессточные крупные озера Игуль, Калтан, Карачинское, Кислы, Яркуль; доминируют золотой и серебряный караси, озерный гольян; рыбопродуктивность 24-30~ кг/га.
- III. Мелководные изолированные, промерзающие озера Куерлы, Сабаркино, Сарыбалык, Сивер; доминирует золотой карась; рыбопродуктивность 20- 30 кг/га.
- IV. Мелководные, изолированные, частично промерзающие озера Альбуган, Большой Аллак, Большой Аткуль, Жилкино, Карасук, Карган, Кусган, Минзелинское, Тахтамыр, Чужбай; доминирует серебряный карась; рыбопродуктивность варьирует в пределах 20-39 кг/га.

Комплекс видов рыб, наиболее широко распространенных в озерах этой географической зоны слагают серебряный карась, озерный гольян и золотой карась ( $I_{shen} = 2.94, 2.94$  и 2.89 соответственно), субдоминанты — щука, плотва и окунь ( $I_{shen} = 1.39$ ). Щука, плотва и окунь обитают преимущественно в относительно крупных, глубоководных проточных водоемах. Наиболее значимы для леща, язя, сазана и судака — площадь и глубина водоема, поэтому их распространение ограничено озерами Сартлан и Чаны. В отличие от лесоболотной зоны наибольшее влияние на видовое разнообразие, помимо глубины (r = 0.774), оказывают проточность и площадь акватории (r = 0.648 и 0.755).

Ихтиофауну озер степной зоны на современном этапе представляют 14 видов: 8 аборигенных (щука, золотой карась, пескарь, язь, озерный гольян, плотва, окунь) и 6 чужеродных (лещ, уклейка, серебряный карась - подвид C.a.gibelio, сазан, верховка, линь, судак).

По видовому составу рыбного населения озера разбиваются на четыре основных типа (рис. 3.5-3.6):

- І. Крупные глубоководные изолированные озера (Кривое, Чебачье, Чебаченок) и проточные (Вздорное, Хорошее, Хорошонок, Шкалово); состав населения рыб превышает 6 видов; по численности и биомассе преобладают серебряный карась и окунь; рыбопродуктивность 24-36 кг/га.
- II. Изолированные озера (Астродым), сообщающиеся с прилегающими к ним заболоченными территориями, за счет чего имеют относительно хороший водообмен с речной системой; по численности и биомассе преобладают серебряный карась и окунь; рыбопродуктивность 22-30 кг/га.
- III. Изолированные, частично промерзающие пресноводные озера (Журавлиное, Студеное, Камышовое, Песчаное, Титово, Кротова, Кусган); основной состав населения слагают серебряный карась и озерный гольян; рыбопродуктивность 18-24 кг/га.
- IV. Изолированные частично промерзающие солоноватоводные озера (Большое Горькое, Мелкое, Чаган) с минерализацией воды, превышающей 3.0 г/л; населяет серебряный карась; рыбопродуктивность 1-20 кг/га.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о высоком уровне сходства состава рыбного населения большинства водоемов степной зоны юга Западной Сибири в период регрессии (низкого уровня обводнения территории), доминирующий комплекс (по биомассе) представлен серебряным карасем. В уловах проточных озер зарегистрированы озерный гольян, плотва, окунь, верховка. Наибольшим видовым разнообразием рыб характеризуются крупные озерные системы - Кривое, Хорошее и

соединенное с ним Хорошонок. Однако преобладающим видом повсеместно выступает серебряный карась (рис.3.3).

По численности и встречаемости доминируют серебряный карась, озерный гольян, плотва и окунь ( $I_{shen}$  = 2.90, 2.77, 2.40 и 2.20 соответственно), субдоминанты - щука и верховка ( $I_{shen}$  = 2.20). Наиболее значимыми факторами, влияющими на видовое разнообразие рыб, выступают глубина и проточность.

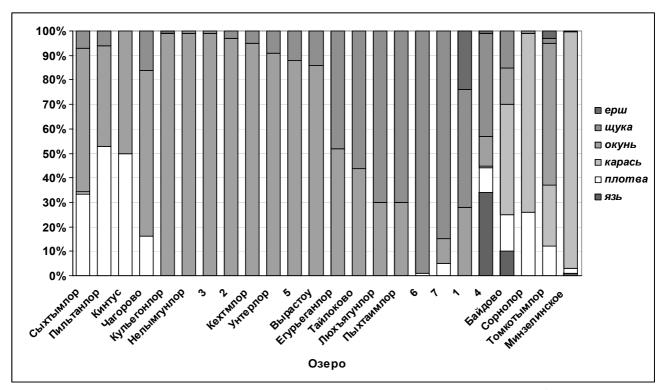


Рис. 3.1 Структура рыбного населения озер лесоболотной зоны (в % от общей ихтиомассы)

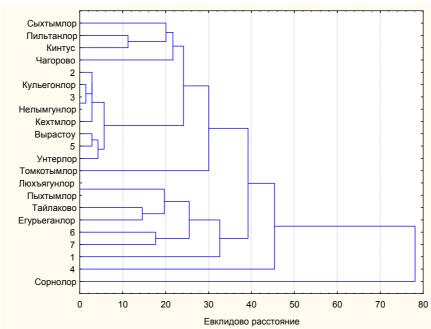


Рис. 3.2. Дендрограмма сходства озер Сургутского озерного района и прилегающих территорий по составу рыбного населения (лесоболотная зона)

Видовое богатство и разнообразие рыбного населения разнотипных озер показали, что в границах каждой географической зоны структура рыбного населения озер сопряжены с особенностями климатической зональности, гидрологического режима и морфометрии котловины.

Водоемы лесоболотной зоны не являются заморными; основным фактором, лимитирующим видовое богатство рыб, выступает промерзание воды в зимний период. По вектору географической зональности Западно-Сибирской равнины распределение заморных озер ограничено территориями лесостепной и степной зон: в условиях стагнации воды (на фоне маловодья при отсутствии проточности) в них развиваются заморные явления, и виды рыб с низким уровнем толерантности к гипоксии, выпадают из структуры ихтиокомплексов.

На показатели ихтиомассы и рыбопродуктивности в значительной мере влияет гидроэкологический тип водоемов. В пределах лесоболотной зоны наиболее высокие показатели рыбопродуктивности свойственны водоемам І и ІІІ типов, составляя в среднем 23 кг/га и 16 кг/га соответственно. В изолированных озерах ІІ и ІV типов популяции рыб представлены хищными рыбами - окунем и щукой, кормовую базу которых составляет обедненная бентофауна и молодь. Поэтому показатели продуктивности значительно ниже и варьируют в пределах 3-5 кг/га.

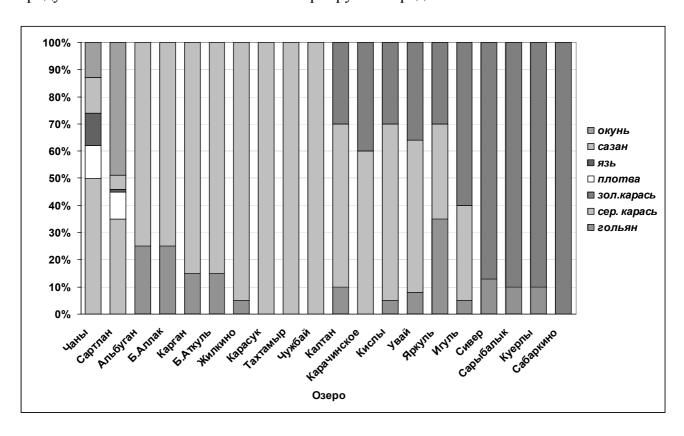


Рис. 3.3. Структура рыбного населения озер лесостепной зоны (в % от общей ихтиомассы)

По сравнению с северными территориями средняя рыбопродуктивность озер лесостепной зоны существенно выше - от 20 до 27 кг/га. Показатели ихтиомассы относительно высоки, в том числе и в водоемах, характеризующихся ежегодным развитием условий жесткой гипоксии, что объясняется основным составом рыбного населения, представленным короткоцикловыми видами с ранними сроками

созревания (в возрасте 2-3 лет) и чрезвычайно высокой плодовитостью (серебряный и золотой караси, окунь, плотва).

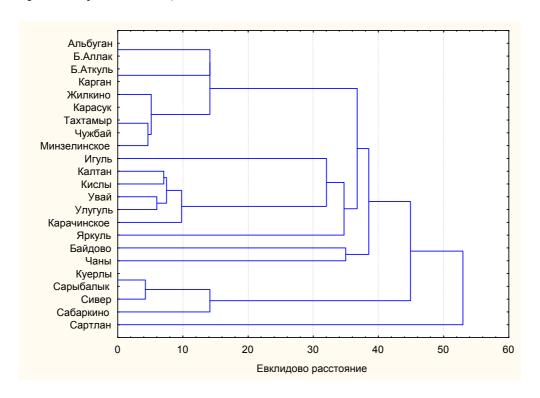


Рис. 3.4. Дендрограмма сходства озер Чано-Барабинского озерного района по составу рыбного населения (лесостепная зона)

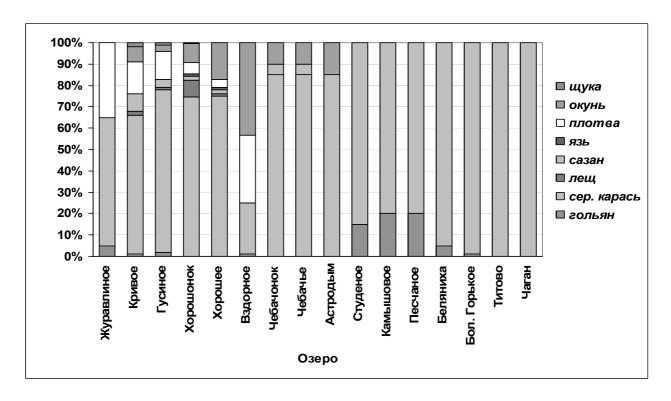


Рис. 3.5 Структура рыбного населения озер степной зоны в период регрессии (в % от общей ихтиомассы)

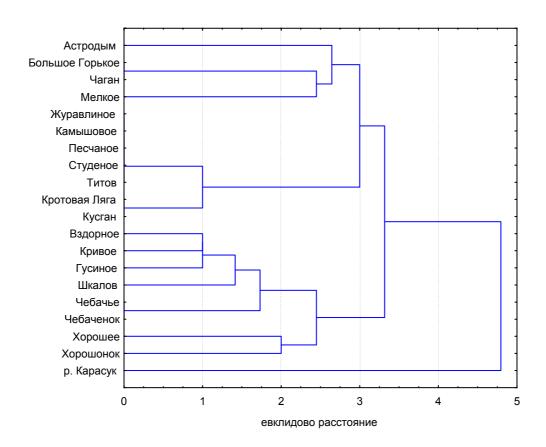


Рис. 3.6. Дендрограмма сходства разнотипных озер Кулундинского озерного района по составу рыбного населения (степная зона) в период регрессии

В степной зоне по сравнению с лесоболотной и лесостепной среднегодовая температура воды значительно выше, однако в фазу регрессии в водоемах ІІІ и ІV типов происходит резкий скачок минерализации воды как в период летней межени, так и зимой по мере нарастания ледового покрова. В этих условиях видовой состав рыбного населения монотипен и представлен только тугорослыми формами серебряного карася (озера Большое Горькое и Чаган). Наибольшим видовым богатством рыб характеризуются водоемы, имеющие связь с речной системой, обеспечивающую возможность перемещения из заморных зон на участки с более благоприятным газовым режимом.

В главе в виде таблиц представлены данные, отражающие сопряженность встречаемости разных видов рыб с гидроэкологическими параметрами разнотипных озер (табл. 3.1-3.3), а также графики полиномиальной зависимости видового состава рыб от площади акватории, глубины и проточности.

Результаты анализа зависимости структуры озерных ихтиокомплексов от гидроэкологических свойств водоемов разных географических зон показали, что наиболее значимы в формировании видового состава рыбного населения озер лесоболотной зоны глубина и площадь водоема, лесостепной - глубина, площадь акватории и проточность, степной — глубина и проточность, а также общая минерализация воды. Так, в водоемах лесостепной и степной зон при глубинах менее 1 м основная часть акватории промерзает до дна; в этих условиях выживают только озерный гольян, золотой и серебряный караси, погружающиеся в толщу иловых отложений.

Таблица 3.1 Видовое разнообразие (по индексу Шеннона) и встречаемость рыб в структуре ихтиокомплексов озер лесоболотной зоны в зависимости от основных гидроэкологических параметров водоемов (по коэф. линейной корреляции)

Параметр	Вид								
	Щука	аєR	Плотва	Сер.карась	Окунь	Ерш			
Вклад в видовое разнообразие	3.00	0.006	2.20	1.39	3.00	1.39			
Глубина	-0,230	0,586	0,159	0,077	-0,093	-0,150			
Проточность	-0,224	0,155	0,584	0,098	-0,089	-0,156			
Площадь	-0,072	0,508	0,299	0,350	0,260	0,354			

Таблица 3.2 Видовое разнообразие (по индексу Шеннона) и встречаемость рыб в структуре ихтиокомплексов озер лесостепной зоны в зависимости от основных гидроэкологических параметров водоемов (по коэф. линейной корреляции)

ПДР	дрозкологи теских параметров водосмов (по коэф. липентов коррелиции										
	Вид										
Параметр	Щука	Язь	Лещ	Плотва	Верховка	Сер.карась	Зол. карась	Сазан	Гольян	Судак	Окунь
Вклад в видовое разнообразие	1,39	1,39	0,008	0,69	0,69	2,94	2,89	0,69	2,94	0,003	1,39
Глубина	0,681	0,681	0,384	0,556	0,360	0,457	-0,079	0,556	-0,135	0,681	0,384
Проточность	0,681	0,681	0,123	0,178	0,738	0,289	0,078	0,178	0,012	0,681	0,123
Площадь	0,816	0,816	0,543	0,787	0,311	0,246	-0,151	0,787	-0,462	0,816	0,543

Таблица 3.3 Видовое разнообразие (по индексу Шеннона) и встречаемость рыб в структуре ихтиокомплексов озер степной зоны в зависимости от основных гидроэкологических параметров водоемов (по коэф. линейной корреляции)

	Вид										
Параметр	Щука	Язь	Плотва	Лещ	Верховка	Сер. карась	Зол. карась	Сазан	Гольян	Окунь	Судак
Вклад в											
видовое разнообразие	1,20	0,69	2,40	1,20	0,69	2,90	1,39	2,08	2,77	2,40	0,69
Глубина	0,616	0,469	0,495	0,616	0,469	-0,034	-0,050	0,636	0,050	0,596	0,469
Проточность	0,403	0,573	0,420	0,486	0,573	-0,246	-0,061	0,318	-0,041	0,585	0,573
Площадь	0,329	0,121	0,297	0,329	0,121	0,121	0,441	0,403	-0,052	0,297	0,121

# ГЛАВА 4. ИХТИОКОМПЛЕКСЫ ЛОТИЧЕСКИХ И ЛЕНТИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ ЗАМОРНОГО ВОДОЕМА (БАССЕЙН ОЗ. ЧАНЫ)

Озеро Чаны - удобный природный полигон для изучения пространственновременной организации как биотического комплекса в целом, так и популяционных исследований рыб. Как среда обитания рыб, озерная акватория и впадающие в нее реки существенно различаются между собой по особенностям гидрологического, термического режимов (Ядренкина, гидрохимического 2001. И принципиально значимые отличия находят отражение в структуре биоценозов лотических (речная система) и лентических (озерная акватория и эстуарная зона) участков, в том числе, - в видовом составе рыб (рис. 4.1). Согласно полученным результатам рыбное население водоема детерминировано на три ихтиокомплекса речной, озерный и озерно-речной. Типичные обитатели озерной акватории - язь, лещ, сазан, судак, речной системы - елец, верховка, линь, золотой карась, пескарь. Озерноречной комплекс представлен видами, реализация жизненного цикла которых связана с использованием площадей озерной и речной систем: повсеместно распространены щука, плотва, серебряный карась и окунь (рис. 4.2). Ихтиокомплексы этих двух систем подвержены значительным сезонным изменениям, нестабильностью гидрологического и гидрохимического режимов водоема, с одной стороны, и, различиями в толерантности к флуктуациям среды разных видов рыб, - с другой. В периоды трансгрессивной фазы обводнения, сопровождающейся высокой степенью распреснения озерной акватории, биотопы северо-восточной части оз. Мал. Чаны осваивают, помимо озерных видов, типичные обитатели рек - пескарь, елец и верховка, а низовья рек выполняют важную роль в качестве места размножения многих видов рыб озерного комплекса – язя, плотвы, серебряного карася и сазана.

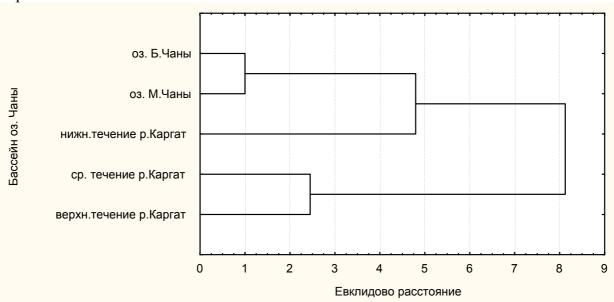


Рис. 4.1. Дендрограмма сходства лотических и лентических биотопов бассейна озера Чаны по составу рыбного населения

Особо важное значение для поддержания видового разнообразия рыб имеют эстуарии, которые служат репродуктивно значимыми участками язя, сазана и плотвы, а также выступают в качестве «экологического буфера», обеспечивающего

возможность перемещений представителей речного и озерного ихтиокомплексов из зон с неблагоприятными гидрохимическими условиями за пределы свойственных им лотических и лентических биотопов. В летний период на этих площадях осуществляют нагул как речные, так и озерные рыбы. Высокая рыбопродуктивность водоема, обеспечивающая самые высокие уловы в регионе, поддерживается системой взаимосвязи озерного и речного комплексов рыб благодаря использованию «переходной зоны» для реализации жизненного цикла популяций оксифильных видов, доминирующих в структуре рыбного населения по численности и биомассе.

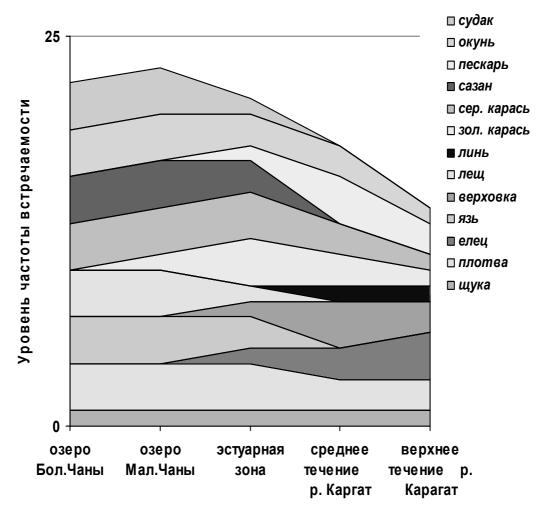


Рис. 4.2. Видовой состав рыбного населения лентических и лотических участков бассейна оз. Чаны; уровень частоты встречаемости: 3 - входит в состав доминирующего комплекса, 2 - постоянно обитает в границах участка, 1 - периодически регистрируется в составе ихтиофауны, 0 - не обитает

# ГЛАВА 5. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ В ЗАМОРНОМ ВОДОЕМЕ (бассейн оз. Чаны)

Для проверки гипотезы о возможном перекрывании нерестовых площадей и высокой межвидовой конкуренции за нерестовый субстрат и кормовые ресурсы, проведено изучение внутригодового цикла распределения популяций разных видов рыб по акватории (в периоды размножения, нагула и зимовки). С привлечением

данных многолетних исследований показано, что самые высокие показатели плотности половозрелых видов рыб свойственны опресненным участкам бассейна оз. Чаны в весенние и летние месяцы — в период массового размножения. На основании экстраполяции данных по пространственному распределению ранней молоди по площади водоема выявлены места расположения основных нерестилищ массовых видов рыб. В период регрессии распределение нерестилища язя и золотого карася ограничено речной системой, восточными и северо-восточными участками оз. Мал. Чаны. Серебряный карась, помимо низовьев рек, размножается в оз. Мал. Чаны. По сравнению с другими видами плотва и окунь проявляют высокую толерантность к минерализации воды и успешно размножаются как в речной, так и озерной системах. Лещ и судак выметывают половые продукты на акватории озер Мал. Чаны и Бол. Чаны (рис. 5.1-5.2).

Анализ данных по динамике нерестового хода, созревания и икрометания производителей, распределению по акватории половозрелых рыб, личинок и молоди первого года жизни позволил выявить десинхронизацию в сроках размножения, различия в расположении нерестовых участков и использовании нерестового субстрата разными видами. Доказано, что в весенний период нерестовые миграции направлены из высокоминерализованных зимовальных оз. Бол. Чаны на опресненные участки водоема. Данные многолетнего мониторинга динамики нерестового хода и нереста рыб свидетельствуют, что представители сем. Cyprinidae размножаются в низовьях рек Каргат, Чулым и в оз. Мал. Чаны. По результатам изучения выявлены существенные различия в сроках размножения разных видов рыб на площадях эстуарной зоны, активно используемой речными и озерными рыбами: щука выметывает половые продукты с началом таяния льда, обычно – во второй половине апреля при температуре воды 5-6 °C; в конце апреля первых числах мая нерестуют язи с относительно ранними сроками созревания гонад  $(T_{волы} > +7 \, {}^{\circ}C)$ ; в первой декаде мая нерестится плотва  $(T_{волы} > +10 \, {}^{\circ}C)$ ; во второй декаде мая вплоть до июня на разливах выметывают половые продукты группа поздносозревающих язей; с третьей декады мая до конца первой декады июня размножается лещ ( $T_{волы} > +13$  °C). В хронологическом аспекте в оз. Мал. Чаны весенне-нерестующие рыбы размножаются на 2-3 нед. позднее, чем в реке (до середины мая акватория водоема покрыта льдом). Разные виды существенно различаются выбором биотопов, нерестового субстрата, глубиной расположения кладок икры. Так, например, язь выметывает икру на паводковых разливах; плотва, будучи реофилом, осваивает для размножения русловую часть речной системы; нерестовые участки леща смещены на участки открытой акватории оз. Мал. Чаны и оз. Бол. Чаны.

Репродуктивный период летне-нерестующих карповых растянут во времени. Золотой карась и сазан размножаются в течение июня-июля, серебряный карась — в мае-июне. Основные нерестилища золотого карася смещены на заиленные мелководья низовьев рек, удаленные от основного русла. Развитие и нагул личинок и ранних мальков осуществляется в прибрежной зоне, где горизонт воды не превышает 10-15 см. В июле прибрежные участки рек обсыхают, поэтому золотой карась меняет стратегию размножения: в качестве нерестового субстрата использует плавающие скопления роголистника, который обильно развивается в заливах приустьевой части притоков. Серебряный карась размножается на мелководьях эстуарной зоны и в оз. Мал. Чаны, сазан выметывает икру преимущественно в оз. Мал. Чаны и Бол. Чаны, а также в эстуарной зоне (в качестве нерестового субстрата использует гелофиты по

всему периметру водоема, за исключением высокоминерализованных плесов). Верховка, линь и пескарь размножаются в среднем и верхнем течении рек, причем, по выбору нерестового субстрата пескарь - типичный литофил, линь откладывает икру на макрофитах лентических участков речного русла, а верховка — преимущественно лотических.

Анализ распределения ранних личинок подтвердил гипотезу и мозаичном характере расположения основных нерестилищ весенне-нерестующих и летне-нерестующих рыб по площади оз. Чаны, что доказывает устойчивую пространственно-временную репродуктивную изоляцию как между представителями аборигенной фауны (язь, плотва, золотой карась), так и акклиматизантами (серебряный карась, лещ, сазан). С учетом различий газового и термического режимов лентических и лотических биотопов, полученные результаты опосредованно отражают существенные различия в толерантности разных видов рыб к содержанию растворенного в воде кислорода.

Важная особенность озерного комплекса - присутствие в составе ихтиофауны оксифильных видов — язя, плотвы, леща, окуня и судака. Несмотря на периодическое развитие гипоксии на прибрежных участках и в многочисленных заливах водоема в период летнего «цветения» воды, достаточные глубины и ветровое перемешивание водного столба на открытых плесах водоема позволяют этим видам перемещаться на участки с благоприятным газовым режимом, что объясняет высокое видовое богатство рыб оз. Чаны по сравнению с другими крупными озерными системами региона, в которых из-за мелководности и однотипности биотопов зона развития гипоксии охватывает всю площадь акватории.

По мере становления льда и формирования зоны гипоксии, охватывающей нижнее течение рек, оз. Мал. Чаны, Тагано-Казанцевский и частично Чиняихинский плесы оз. Бол. Чаны, рыбы перемещаются на самые глубоководные участки водоема - в Ярковский плес и оз. Яркуль, характеризующиеся относительно высокой экологической емкостью. К октябрю на основные зимовалы озера перемещается плотва, в ноябре-декабре — язь и окунь, рыбы речного комплекса поднимаются в омуты среднего и верхнего течения притоков. В пределах заморных зон сохраняют жизнеспособность только золотой и серебряный караси. К концу зимнего сезона более 30% площади оз. Мал. Чаны, а также заливы и плесы, расположенные на приустьевых участках рек, промерзают до дна.

Согласно полученным результатам, комплекс рыб, обитающих в заморном озере Чаны, представляют собой популяции экологически пластичных видов, гибко реагирующих на сезонные изменения качества среды, и, адекватно им, меняющие стратегию поведения. Годовой цикл освоения пространства водоема популяциями разных видов рыб определяется ИΧ толерантностью термическому гидрологическому и гидрохимическому режимам на пространственно разобщенных участках бассейна оз. Чаны, под действием которых осуществляется их перемещение по акватории. На примере «переходной зоны» выявлены существенные перестройки видовой структуры рыбного населения в периоды размножения, нагула и зимовки. В период трансгрессии эти площади активно используются в качестве места обитания многих оксифильных видов рыб – язя, окуня, щуки. Однако в период низкой водности (регрессии) на протяжении всего вегетационного сезона и зимнего периода по численности и биомассе доминируют караси и сазан, - виды, толерантные к условиям дефицита растворенного в воде кислорода.

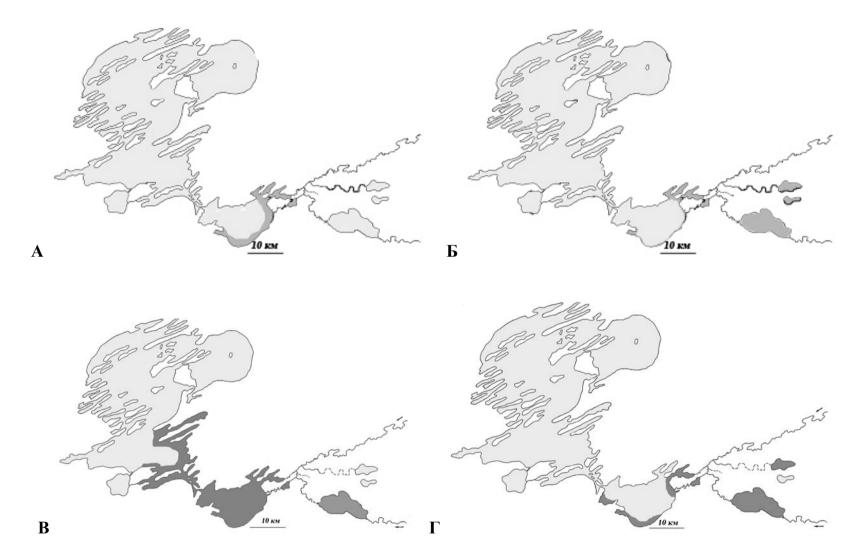


Рис. 5.1. Распределение нерестовых площадей серебряного карася (A), золотого карася (B), плотвы (B) и язя  $(\Gamma)$  по акватории озера Чаны; темно-серым цветом обозначены места размножения разных видов рыб

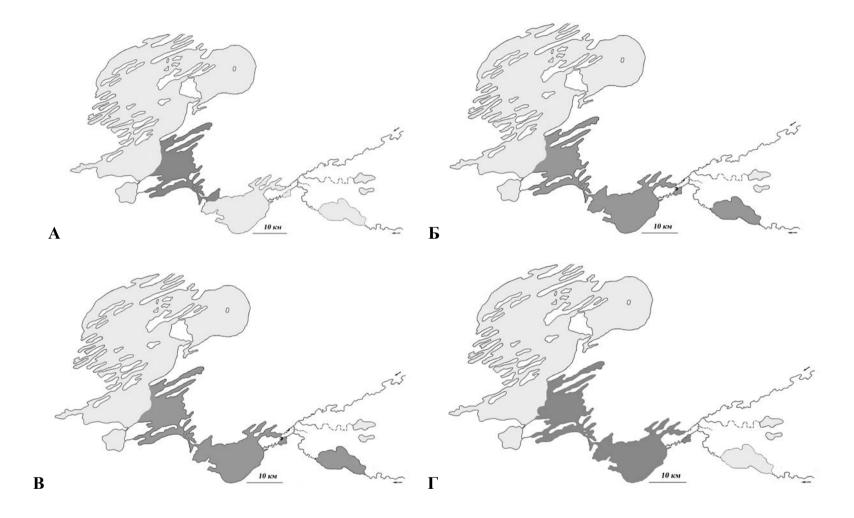


Рис. 5.2. Распределение нерестовых площадей леща (A), речного окуня (B), сазана (B) и обыкновенного судака  $(\Gamma)$  по акватории озера Чаны; темно-серым цветом обозначены места размножения разных видов рыб

В работе обсуждаются компенсаторные механизмы, обуславливающие эффективность освоения пространства эстуарной зоны рыбами. Доказательная база опирается на фактический материал, полученный в ходе обследования водоема. Выявлено, что при формировании условий гипоксии рыбы покидают заморные площади оз. Мал. Чаны и эстуарную (переходную) зону, тем самым, снижая пресс на кормовые ресурсы на протяжении 4-5 мес., что позволяет этому функционально значимому участку восстановить свои продуктивные свойства. Активные сезонные перемещения оксифильных видов способствуют успеху реализации их жизненного цикла при развитии гипоксии на биотопически разнотипных участках заморного водоема и эффективно использовать экологическую емкость озера.

#### ГЛАВА 6.

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РЫБ В УСЛОВИЯХ ЗАМОРНОГО ВОДОЕМА И ФАКТОРЫ, ИХ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ (на примере бассейна оз. Чаны)

В этой главе приведены сведения по малоизученной области адаптивной стратегии поведения рыб в водоемах с периодическим развитием гипоксии, приспособлений, обуславливающих популяционный гомеостаз оксифильных видов. Этот блок исследования посвящен изучению пространственной структуры популяций с целью выявления механизмов реализации их жизненного цикла в условиях заморного водоема. По результатам проведенных исследований жизнеспособность рыб в заморных озерах обуславливают репродуктивная изоляция производителей разных видов, гетерогенность популяций и миграционная активность.

Репродуктивная изоляция. Устойчивую репродуктивную изоляцию как между представителями коренной фауны (язь, плотва, золотой карась), так и акклиматизантами (серебряный карась, лещ, сазан) обуславливают различия в сроках икрометания и мозаичный характер распределения основных нерестилищ разных видов (рис. 5.1-5.2). Тем самым обеспечиваются эффективное освоение мелководной зоны водоема массовыми видами рыб в период размножения, снижение межвидовой конкуренции за нерестовый субстрат и кормовую базу ранней молоди, а также пресса со стороны хищных видов, обитающих преимущественно на площадях открытой акватории. При формировании условий, благоприятных для эмбриогенеза и раннего онтогенеза, за счет высокой плодовитости большинства видов, обитающих в оз. Чаны (язь, плотва, золотой и серебряный караси, сазан, окунь), высокоурожайные генерации обеспечивают быстрый рост численности популяций, в некоторых случаях, - многократный.

Гетерогенность популяций оксифильных видов. Данные динамики газового и термического режимов свидетельствуют: в зонах стагнации воды (на мелководьях речной системы и оз. Мал. Чаны) проявляются сезонные изменения качества нерестилищ - от оптимальных характеристик (для нормального течения эмбриогенеза оксифильных видов) к неблагоприятным, и в обратной зависимости (рис. 6.1). В результате, по мере прогревания воды производители перемещаются из эстуарных участков (переходная зона между речной и озерной системами) в двух противоположных направлениях - на нерестилища опресненных мелководий озера и на участки среднего течения речного русла. Вектор развития гипоксии задает направленность внутрисезонных перемещений рыб акватории, обуславливается формирование репродуктивно изолированных речных и озерных групп. Следовательно, экологическая и биологическая целесообразность выявленной стратегии нереста оксифильных видов рыб определяется внутрисезонной цикликой состояния нерестилищ (их пригодности для размножения). Высокая пластичность вида, его способность реагировать на изменения качества среды отражается на дифференцировании популяций, что подтверждают результаты сравнительного анализа выборок язя и плотвы из речной и озерной систем по показателям фенотипической изменчивости (рис. 6.2).

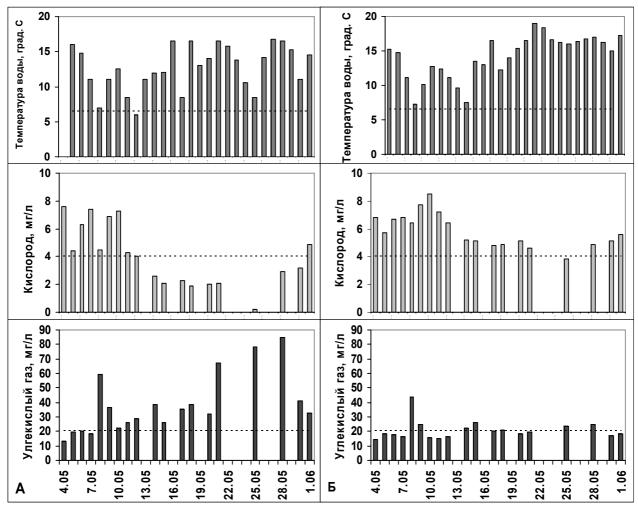
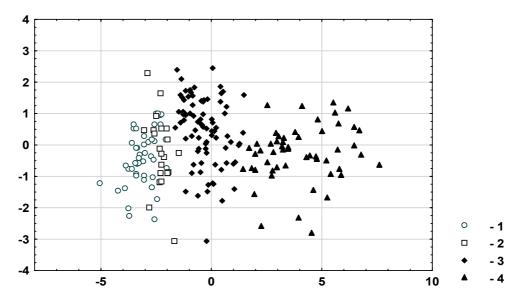


Рис. 6.1. Динамика термического и газового режимов на нерестилищах приустьевых участков притоков (A) и в русле р. Каргат (Б), 1990 г.; пунктирной линией показаны критические значения для выживания оксифильных видов рыб

Средовые факторы, под воздействием которых формируется стратегия нереста оксифильных видов рыб в бассейне оз. Чаны и разделение производителей с разными созревания речную гонад на И озерную группы «дифференцирующими". К наиболее значимым следует отнести гидрологический, гидрохимический и термический режимы. Гидрологический режим определяет различия в сроках освобождения речной и озерной систем ото льда, уровень воды отражается на величине площадей нерестилищ, степени распреснения озера стоком Гидрохимический режим рек. определяет пригодность нерестилищ пространственно разобщенных участках водоема для успешного осуществления эмбриогенеза (показатели общей минерализации воды, динамику газового режима). Термический режим обуславливает различия в сроках прогревания разных участков бассейна до оптимальных значений температуры воды, влияют на сроки икрометания

рыб на площадях озерной и речной систем, интенсивность развития фитопланктона, микробиальной флоры и фауны, в том числе - патогенной, что отражается и на таких жизненно-важных показателях, как газовый режим водоема.

В качестве важного дифференцирующего биотического фактора выступает разнокачественность раннего онтогенеза рыб в условиях речной и озерной систем, проявляющаяся в различиях скорости развития эмбрионов, личинок и мальков в условиях разной минерализации воды, что подтверждено результатами проведенных



экспериментов.

#### 1- ая дискриминантная ось

Рис. 6.2. Распределение выборок язя в пространстве координат 1-ой и 2-ой дискриминантных осей по совокупности морфометрических признаков (1 - из верхнего тевения р. Каргат; 2 - из нижнего течения р. Каргат, 3 - из оз. Мал. Чаны, 4 - из оз. Боя. Чаны), в период нагула

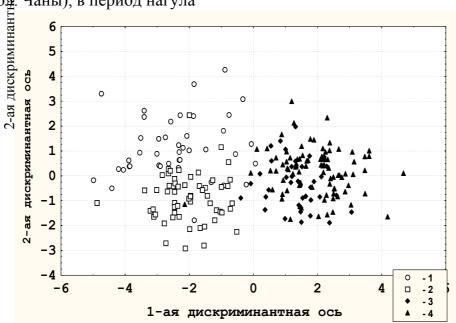


Рис. 6.3. Распределение выборок плотвы в пространстве координат 1-ой и 2-ой дискриминантных осей по совокупности морфометрических признаков (1 - из верхнего течения р. Каргат; 2 - из нижнего течения р. Каргат, 3 - из оз. Мал. Чаны, 4 - из оз. Бол. Чаны) в период нагула

**Миграционная активность.** В главе приведены данные по суточной и сезонной динамике покатной миграции молоди с речных нерестилищ, нерестового хода производителей, миграционной активности молоди по мере ее распределения по площади водоема, а также о зимовальных миграциях рыб. Результаты изучения сезонных перемещений рыб по акватории оз. Чаны свидетельствуют, что определяющим механизмом выживания популяций оксифильных видов в условиях заморного водоема озерно-речного типа выступает их гибкое реагирование на развитие гипоксии - миграционная активность (рис. 6.4).

Наиболее жесткие условия гипоксии, приводящие к распространению заморных зон, характерны для периода ледостава. Поэтому при формировании ледового покрова миграционная активность оксифильных видов усиливается. К октябрю на основные зимовалы озера перемещается плотва, в ноябре-декабре – язь и окунь, рыбы речного комплекса поднимаются в омуты среднего и верхнего течения притоков. На площадях заморных зон, охватывающих акваторию озера Малые Чаны, а также заливы и плесы приустьевых участков рек, сохраняют жизнеспособность только золотой и серебряный караси. В зимний период резко меняется распределение рыб по площади водоема, основное количество локализуется на глубоководных плесах оз. Бол. Чаны. Основной скат рыб из речного русла проходит в период становления льда (октябрь-ноябрь), а активный подъем к омутам среднего течения притоков - на месяц позднее (декабрь) (рис. 6.5). Полученные материалы отражают однонаправленный выход из речного русла представителей озерного комплекса; видовой состав рыб, «скатывающихся» в озерную акваторию, составляют язь, судак, лещ, плотва.

Активный выход рыб в период ледостава с площадей переходной зоны способствует снижению пресса на кормовые ресурсы эстуарных участков, что обеспечивает успех размножения рыб озерного комплекса и высокую продуктивность экосистемы.

Саморегуляция численности популяций. Известно, что динамика численности популяций массовых видов рыб в бассейне оз. Чаны определяется многолетними природными циклами Барабинской низменности и Кулундинской степи (Шнитников, 1982). Изучение стратегии реализации жизненного цикла рыб в жестких условиях заморного водоема - ключ к пониманию регуляторных механизмов динамики численности и жизнеспособности популяций. Содержание этой главы аналитическую результатов представляет собой сводку представленных в главах 2-5, что позволило сформулировать основные положения концепции популяционного гомеостаза оксифильных видов рыб в условиях периодического развития гипоксии.

Гетерогенность популяций, проявляющаяся в дифференцировании на речные и озерные группы, обуславливает регуляцию численности оксифильных видов рыб: пополнение идет за счет той части популяции, которая оказалась более адаптированной к условиям конкретного года, но при смене ситуации проявляются и реализуются резервные репродуктивные возможности другой. При формировании условий, оптимальных для воспроизводства, происходит резкий скачок численности генерации (урожайности), и уже через 3-4 года на нерест приходит высокочисленное стадо. Следовательно, в качестве основных эколого-биологических механизмов, обуславливающих реализацию жизненного цикла оксифильных видов рыб в условиях заморного водоема (бассейн оз. Чаны) выступают репродуктивная изоляция

производителей, различия сроков эмбриогенеза рыб в условиях лотических и лентических биотопов, миграционная активность.

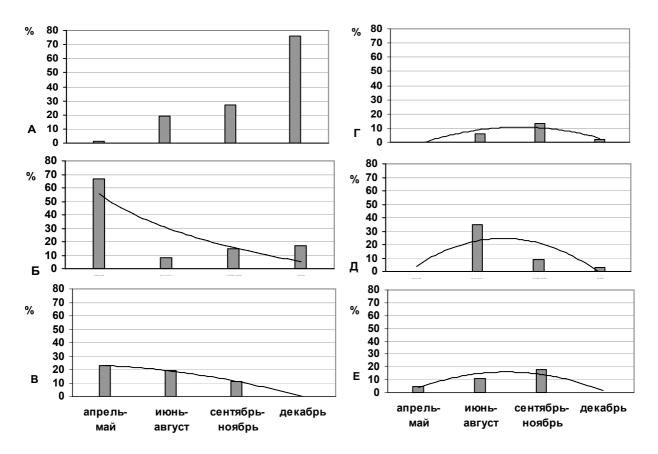


Рис. 6.4. Динамика численности сазана (A), язя (Б), плотвы (В), леща ( $\Gamma$ ), окуня (Д) и судака (Е) на приустьевых участках реки Каргат, 2000 г.

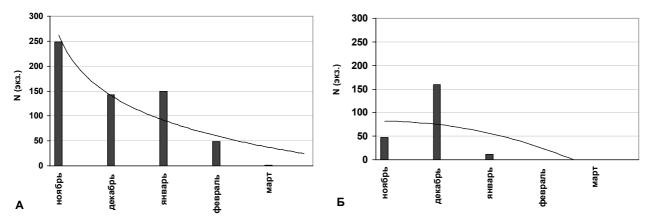


Рис. 6.5. Динамика численности рыб, мигрирующих в озеро (A) и поднимающихся вверх по течению р. Каргат (Б) в период ледостава, 2007-2008 гг., по оси Y — среднесуточное число рыб, зарегистрированных в уловах

Репродуктивная изоляция производителей (связана с различиями в сроках икрометания разных видов рыб и мозаичным характером распределения основных нерестилищ по площади водоема, что обуславливает успех реализации

репродуктивного потенциала популяций, высокие показатели общей численности и биомассы рыб, рыбопродуктивности озера);

Разнокачественность эмбриогенеза и раннего онтогенеза рыб в условиях речной и озерной систем (обуславливает более высокий уровень толерантности рыб к внутри-сезонным флуктуациям гидрологического, гидрохимического и термического режимов и, тем самым, - жизнеспособность популяции в целом);

Миграционная активность (гибкое реагирование стад на флуктуации жизненно-важных параметров обеспечивают эффективное среды освоение пространства водоема). Вектор перемещений рыб к местам размножения и зимовки распреснения совпадает градиентом воды, внутригодовыми циклами гидрохимического, гидрологического и термического режимов озерной и речной систем.

Обобщая многоплановую информацию временной ПО динамике распределения рыб бассейне, необходимо пространственного В отметить равнозначность озерной и речной систем для успешной реализации всех этапов онтогенеза аборигенного комплекса озерных рыб и обеспечения высокой ихтиомассы водоема в целом. Все вышеизложенное касается регуляторных механизмов пространственно-временной организации популяций разных видов рыб и отражает их «вписанность» в сложный цикл сезонных флуктуаций внешней среды пространственно разобщенных участках акватории водоема.

#### ГЛАВА 7.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЫБ ЗАМОРНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

упрощение представления саморегуляции Чрезмерное 0 численности популяций при смене фаз водности без учета антропогенного воздействия может привести к ослаблению контроля за состоянием биотического комплекса экосистемы. Стремление оптимизировать режим эксплуатации высокопродуктивных водоемов Западной Сибири повлекло за собой проведение рыбохозяйственных мероприятий по интродукции некоторых промысловых видов из водоемов Европы и Дальнего Востока с конца XIX – начала XX веков. Вселение рыб проводили в течение всего XX в. (Березовский, 1927; Дулькейт и др., 1935; Иоганзен, Петкевич, 1951; Шефер, 1975; Ростовцев, 1982; Ростовцев, Разгоняк, 1985; Терещенко и др., 2004 и др.). Однако положительные результаты акклиматизации получены только во второй половине прошедшего столетия. С 70-х годов внешние параметры среды оказались благоприятными для натурализации в равнинных водоемах изучаемой территории леща, судака, верховки, с середины 80-х годов - китайского карася, сазана, ротанаголовешку. Имеются сведения о поимке красноперки и уклейки, требующие специального изучения. В настоящее время население рыб изучаемого региона слагают 19 видов, относящихся к трем отрядам и шести семействам - Salmoniformes (сем. Coregonidae и Esocidae), Cypriniformes (сем. Cyprinidae и Cobitidae), Perciformes (сем. Percidae и Odontobutidae). При этом все три сравниваемые климатические зоны существенно различаются между собой по видовому богатству рыб. Наибольшие различия проявляются при сопоставлении состава населения рыб лесоболотной со степной (по комплексу аборигенных видов индекс Жаккара  $[I_{ia}] = 0.58$ ) и лесостепной  $(I_{ia} = 0.64)$  зонами. Озера лесостепной и степной зон характеризуются бо́льшим сходством составов аборигенной фауны ( $I_{ia} = 0.80$ ) и чужеродных видов ( $I_{ia} = 0.73$ ).

Более стабильна по видовому разнообразию рыб лесоболотная зона. Под подразумевается устойчивое поддержание «стабильностью» доминирующего комплекса, представленного аборигенными видами. Наибольшим видовым характеризуется лесостепная богатством зона за счет освоения водоемов чужеродными видами. Доля натурализовавшихся видов в составе ихтиофауны озер лесостепной зоны составляет 50 % видового богатства (9 видов из 18). Водоемы степной зоны беднее лесостепной, вселенцы составляют около 43 % (6 видов из 14). Комплекс доминантов, представленный в 80-х – 90-х гг. окунем и плотвой, сменился карасевым, а доля аборигенных видов в составе рыб сократилась вдвое. Полученные данные свидетельствуют о существенных изменениях внешней среды, что нашло отражение в преобразовании структуры водных биоценозов. На примере оз. Чаны показано, что в настоящее время, в водоеме успешно натурализовались серебряный (китайский) карась, сазан, лещ, судак, верховка. В 80-х годах на долю чужеродных видов приходилось менее 10 % общей численности рыб бассейна озера Чаны, к началу нового столетия доля серебряного карася и сазана многократно увеличилась и превысила 50-60 % численности и биомассы за счет чрезвычайно высокой плодовитости, а также высокого уровня жизнеспособности молоди первого года жизни (рис. 7.1-7.2).

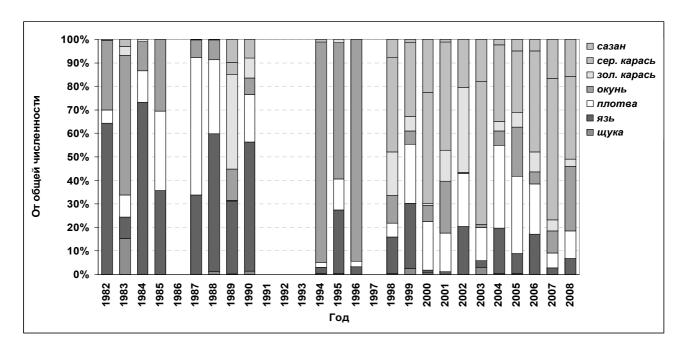


Рис. 7.1. Многолетняя динамика видового состава рыб в эстуарной зоне оз. Чаны в период открытой воды (в % от общей численности)

В этой связи вытеснение популяций нативной фауны видами-вселенцами вызывает вполне обоснованные опасения по поводу сохранения и поддержания видового богатства региона, а выявление механизмов регуляции численности и видового разнообразия рыб озерного комплекса юга Западной Сибири приобретает особую актуальность.

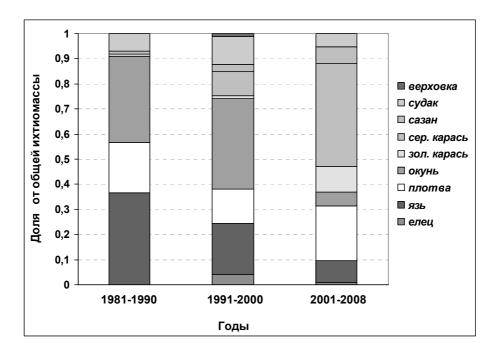


Рис. 7.2. Среднемноголетние показатели вклада разных видов рыб в общую ихтиомассу на участках эстуарной зоны оз. Чаны в период открытой воды

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные жизненные стратегии рыб, обитающих в заморных озерах региона, опираются на совокупность генетических, физиологических и поведенческих приспособлений.

По толерантности к содержанию растворенного в воде кислорода. Ихтиофауну крупных заморных озерных систем слагают два типа рыб: комплекс видов, адаптированных к условиям гипоксии, и короткоцикловые оксифильные виды с высоким уровнем миграционной активности, позволяющей быстро ориентироваться в пространстве, избегая участки с дефицитом растворенного в воде кислорода.

По освоению пространства заморного водоема. В основе стратегии приспособлений оксифильных видов рыб лежат гетерогенность популяций и миграционная активность, что обуславливает освоение экологических ниш речной и озерной систем.

По особенностиям биологических свойств видов. Восстановление численности популяций оксифильных рыб после массовой гибели под действием заморных процессов осуществляется за счет относительно ранних сроков созревания производителей (рыбное население представлено короткоцикловыми видами), высокой индивидуальной плодовитости и различий в толерантности внутрипопуляционных групп к гидроэклогическим свойствам речной и озерной систем.

По сопряженности пространственной организации популяций с кормовыми ресурсами биотопически разнотипных участков водоема. В результате длительной локализации рыб в зимний период на зимовалах рек и озерной акватории поддерживаются высокий уровень кормовой базы участков, освобожденных от пресса рыб, и ресурсные возможности водоема, что определяет высокие показатели его биологической продуктивности.

#### выводы

- 1. Ихтиофауну заморных озер Западной Сибири составляют 19 видов, относящихся к трем отрядам и шести семействам. По видовому богатству рыбного населения наибольшие различия проявляются между озерами лесоболотной зоны со степной и также лесостепной: по комплексу аборигенных видов Индекс Жаккара ( $I_{ja}$ ) = 0.58 и 0.64 соответственно, между степной и лесостепной зонами  $I_{ia}$  = 0.80.
- 2. На территории Западно-Сибирской равнины расположение заморных озер ограничено пределами степной и лесостепной зон. В озерных комплексах лесоболотной зоны заморные процессы носят эпизодический характер. По частоте и интенсивности проявления заморных процессов выделены четыре основных типа водоемов, различающиеся соотношением площади акватории с глубиной и степенью водообмена (связь с водотоками). Основными факторами, определяющими видовой состав рыб разнотипных водоемов региона являются: периодичность развития условий гипоксии, степень промерзания водного столба в период ледостава, уровень обводнения территории.
- 3. Наибольшее видовое разнообразие рыб (от 9 до 13) свойственно крупным глубоководным озерам, сообщающимся с речной системой, в изолированных глубоководных озерах состав рыб может достигать 11 видов, в мелководных проточных 9, в мелководных изолированных частично или полностью промерзающих не более 3. Все относительно глубоководные озера, не промерзающие в зимний период, имеют высокие показатели рыбопродуктивности (более 20 кг/га); мелководные изолированные водоемы характеризуются относительно низкой ихтиомассой и рыбопродуктивностью (ниже 5-10 кг/га и менее 3 кг/га соответственно).
- 4. Структуру ихтиофауны бассейна оз. Чаны слагают озерный, речной и озерно-речной комплексы рыб. Озерный комплекс представляют 8 видов рыб (плотва, язь, лещ, серебряный карась, сазан, речной окунь, обыкновенный судак), речной 8 (обыкновенная щука, елец, верховка, линь, золотой карась, пескарь, речные формы плотвы и окуня), озерно-речной комплекс включает виды, реализация жизненного цикла которых сопряжена с сезонными перемещениями между речной и озерной системами водоема (плотва, язь).
- 5. В бассейне оз. Чаны распределение рыб по площади водоема определяют различия гидрохимического и гидрологического режимов озерной и речной систем, формирование заморных зон и промерзание водного столба мелководных участков акватории, блокирующих возможность перемещения рыб подо льдом.
- 6. В основе дифференцирования рыбного населения на речной и озерный комплексы лежит асинхронность использования производителями разных видов пространственно разобщенных участков водоема. В хорологическом аспекте площади эффективного нереста разных видов характеризуются мозаичным распределением по площади водоема и не перекрываются между собой; в хронологическом аспекте выметывание половых продуктов разных видов весенненерестующих и летне-нерестующих рыб осуществляется в разные сроки; в аспекте биотических связей и отношений эмбриогенез и ранний онтогенез разных видов рыб реализуются в границах пространственно разобщенных биотопов речной и озерной систем, что обуславливает рациональное использование экологической емкости водоема и устойчивую репродуктивную изоляцию.
- 7. Комплекс оксифильных рыб, обитающих в заморном озере Чаны, представлен популяциями экологически пластичных видов: вектор перемещений рыб

- к местам размножения и зимовки совпадает с градиентом распреснения воды, внутригодовыми циклами гидрохимического, гидрологического и термического режимов озерной и речной систем, а высокая миграционная активность обеспечивает эффективное освоение водоема. Виды с высокой степенью толерантности к дефициту растворенного в воде кислорода менее активны, как правило, концентрируются на опресненных участках бассейна в период размножения и распределяются по всей акватории в период нагула и зимовки.
- 8. В основе дифференцирования популяций рыб на речные и озерные группы динамика качества нерестилищ: направленное смещение лежит условий эстуарной благоприятных ДЛЯ размножения среды ИЗ зоны озерную противоположных направлениях (в речную И системы бассейна) обуславливает пространственное и временное разделение производителей с разными сроками созревания половых продуктов. Различия в условиях течения эмбриогенеза и раннего онтогенеза отражаются на показателях фенотипической изменчивости речной и озерной групп.
- В качестве механизмов, обеспечивающих реализацию жизненного цикла оксифильных видов рыб в условиях заморного водоема, выступают миграционная активность, обуславливающая эффективное использование акватории для размножения, нагула и зимовки, и гетерогенность популяций массовых видов.
- 9. За период с 1980 по 2010 гг. состав населения рыб лесостепной и степной зон пополнили 9 новых видов, 8 из них (за исключением пеляди *Coregonus peled*) успешно натурализовались, составляя в пределах степной зоны 43 % видового богатства рыб, лесостепной зоны 47 %. С начала 90-х годов XX-го века в результате натурализации интродуцентов отмечено изменение видового состава ихтиокомплексов в озерах юга Западной Сибири.

#### Основные работы

#### Монография:

1. Ядренкина Е.Н. и др. Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь) /под ред. Ю.С. Равкина. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 273 с.

#### Статьи в изданиях, входящих в перечень BAK и список Web of Science:

- 2. **Ядренкина Е.Н.** Распределение и внутрисезонные миграции рыб в ходе раннего онтогенеза по бассейн у оз. Чаны (Западная Сибирь) // Сибирский биологический журнал (с 1994 г. Сибирский экологический журнал). 1992. Вып. 2. С. 55-63.
- 3. **Ядренкина Е.Н.** Распределение икры весенне-нерестующих карповых (сем.Сургіпіdae) по площади нерестилищ (бассейн оз. Чаны) // Сибирский биологический журнал (с 1994 г. Сибирский экологический журнал). 1992. Вып. 1. С. 73-77.
- 4. **Ядренкина Е.Н.** О причинах пространственно-временной дифференциации нерестового стада язя *Leuciscus idus* в речной системе бассейна озера Чаны (Западная Сибирь) // Вопросы ихтиологии. 2000. Т. 40. № 4. С. 486-491.
- 5. Зуйкова Е.И., **Ядренкина Е.Н.**, Зуйков А.А. Факторы, обуславливающие выбор жертв молодью гольяна, *Phoxinus phoxinus*, в Телецком озере // Зоологический журнал. 2002. Т. 81. № 4. С. 469-479.

- 6. **Ядренкина Е.Н.** Гибридизация между представителями коренной фауны бассейна озера Чаны (Западная Сибирь) сибирской плотвой *Rutilus rutilus* и язем *Leuciscus idus* (сем. Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. 2003. Т. 43. № 1. С. 110-117.
- 7. Barinova A., **Yadrenkina E.,** Nakajima M., Taniguchi N. Identification and characterization of microsatellite DNA markers developed in ide *Leuciscus idus* and Siberian roach *Rutilus rutilus* // Molecular Ecology Notes. 2004. № 4. P. 86-88.
- 8. **Ядренкина Е.Н.,** Интересова Е.А., Ядренкин А.В., Хакимов Р.М. К вопросу о пространственной дифференциации популяций карповых рыб озера Чаны (Западная Сибирь). Особенности изменчивости остеометрических признаков речной и озерной групп язя *Leuciscus idus* и плотвы *Rutilus rutulus* (сем. Cyprinidae) // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12. № 2. С. 293-304.
- 9. Doi H., Zuykova E., Kikuchi E., Shikano Sh., Kanaya K., Yurlova N., and **Yadrenkina E.** Spatial changes in carbon and nitrogen stable isotopes of the plankton food web in saline lake ecosystem // Hydrobiologia. 2006. Vol. 571. P. 395–400.
- 10. Doi H., Yurlova N., Vodyanitskaya S., Kikuchi E., Shikano Sh., **Yadrenkina E.**, Zuykova E. Parasite-Induced changes in Nitrogen isotope signatures of host tissues // J. of Parasitology. 2008. Vol. 94:1. P. 292-295.
- 11. Интересова Е. А., **Ядрёнкина Е. Н.,** Савкин В. М. Пространственная организация нерестилищ карповых рыб (Cyprinidae) в условиях зарегулированного стока Верхней Оби // Вопросы ихтиологии. 2009. Т. 49. № 1. С. 78-84.
- 12. Kanaya G., **Yadrenkina E.**, Zuykova E., Kikuchi E., Doi H., Shikano Sh., Mizota Ch. and Yurlova N. Contribution of organic matter sources to cyprinid fishes in the Chany Lake–Kargat River estuary, Western Siberia // Marine and Freshwater Research. 2009. Vol. 60 (6). P. 510–518.
- 13. Интересова Е.А., **Ядренкина Е.Н**., Васильева Е.Д. Находка Вьюна Никольского *Misgurnus Nikolskyi* (Cobitidae) на Юге Западной Сибири // Вопросы ихтиологии. 2010. Т. 50. Вып. 2. С. 270-273.
- 14. **Ядренкина Е.Н.** Ихтиофауна верхней Томи при тепловом загрязнении (Западная Сибирь) // Сибирский экологический журнал. 2010. № 5. С. 745-752.
- 15. Doi H.,<sup>4</sup> Yurlova N.<sup>2</sup>, Kikuchi E., Shikano Sh., **Yadrenkina E.**, Vodyanitskaya<sup>2</sup> S. and Zuykova E.. Stable isotopes indicate individual level trophic diversity in the freshwater gastropod *Lymnaea stagnalis* // J. of Mollusca Studies. 2010. Vol. 76. P. 384- 388.

# Статьи в рецензируемых журналах и сборниках статей:

- 16. Тимофеева М.В., Ядренкин А.В., **Ядренкина Е.Н**. Зоопланктон юговосточной части системы оз. Чаны и его роль в питании молоди рыб // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1991. С. 101-108.
- 17. **Ядренкина Е.Н.** Эколого-популяционные исследования речных биоценозов бассейна оз. Чаны (Западная Сибирь) // Сб. «Биологическая наука и образование в педагогических ВУЗах». Новосибирск, 2001. С. 80-85.
- 18. **Ядренкина Е.Н**. Озеро Чаны как модельный водоем для изучения пространственной организации популяций рыб // Биологическая наука и образование в педагогических ВУЗах. Новосибирск. 2002. Вып. 2. С. 126-133.
- 19. Yadrenkina E.N. Survey of ecological and population research of fish community in the river and lake systems of Chany Lake in Western Siberia // Survey of

biotic community and environment of the saline Lake Chany complex in Western Siberia based on NOAA images. Senday, 2004. P. 21-31.

- 20. Yurlova N.I., **Yadrenkina E.N.**, Zuykova E.I. General characteristics of Chany Lake (Western Siberia) // Survey of biotic community and environment of the saline Lake Chany complex in Western Siberia based on NOAA images. Senday, 2004. P. 1-8.
- 21. Doi H., Kikuchi E., Mizota C., Satoh N., Shikano S., Yurlova N., **Yadrenkina E.** and Zuykova E. Carbon, nitrogen and sulfur isotope changes in a saline Lake Chany complex // Survey of biotic community and environment of the salin Lake Chany complex in Western Siberia based on NOAA images. Sendai, 2004. P. 79-98.
- 22. Интересова Е.А., **Ядренкина Е.Н.**, Хакимов Р.М. Морфо-фенетическая изменчивость сибирской плотвы Верхней Оби Новосибирского водохранилища и прилегающих участков незарегулированного русла // Проблемы гидробиологии Сибири. Томск, 2005. С. 130-136.
- 23. **Ядренкина Е.Н.,** Интересова Е.А. Рыбы непромысловых водоемов юга Западной Сибири. Проблема видового разнообразия // Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2006. № 7. С. 20-25.
- 24. **Ядрёнкина Е.Н.**, Царегородцева А.Г. Современные проблемы водных биологических ресурсов Северного и Северо–Восточного Казахстана. Пути их решения // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2008. № 6. С. 37-43.
- 25. Рыбы // Красная книга Новосибирской области. Новосибирск, 2008. С. 109-122.

#### Материалы конференций:

- 26. **Ядренкина Е.Н.** Новый подход к проблеме контроля за динамикой численности популяции язя бассейна оз. Чаны // Материалы конф. «Состояние и пути сбережения генофонда диких растений и животных в Алтайском Крае». Барнаул, 1992. С. 73-75.
- 26. Бабуева Р.В., Бочкарев Н.А., **Ядренкина Е.Н.** Сукцессия ихтиоценозов в водоемах юга Западной Сибири // Многолетние гидробиологические наблюдения на внутренних водоемах: Современное состояние и перспективы. С.-Пб., 1994. С. 4-5.
- 27. **Ядренкина Е.Н.** Динамика структуры ихтиоценозов рек и озер Кулунды, сопряженно с уровенным режимом // Материалы регион. конф. «Особо охраняемые территории Алтайского края, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда». Барнаул, 1995. С. 66-69.
- 28. **Ядренкина Е.Н.** Видовая структура ихтиофауны речной и озерной систем бассейна озера Чаны на современном этапе // Материалы регион. конф. «Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири». Томск, 1996. С. 42-43.
- 29. **Ядренкина Е.Н.,** Бабуева Р.В. Ихтиофауна малых озер бореального пояса Западно-Сибирской равнины // Материалы I Межрегион.научно-практич.конф. «Проблемы биологического разнообразия Южной Сибири». Кемерово, 1997. С. 67.
- 30. **Ядренкина Е.Н.**, Смирнов В.А. Структура ихтиоценозов озер таежной зоны Западной Сибири // Материалы Первого конгресса ихтиологов России (Астрахань, сентябрь 1997). М.: Изд-во ВНИРО, 1997. С. 137.
- 31. Смирнов В.А., **Ядренкина Е.Н.** Гидробиологическая характеристика водоемов таежной зоны Западной Сибири // Материалы Первого конгресса ихтиологов России (Астрахань, сентябрь 1997). М.: Изд-во ВНИРО, 1997. С. 132.

- 32. **Ядренкина Е.Н.** Разнокачественность раннего онтогенеза карповых (сем.Сургіпіdae) в бассейне озера Чаны // Материалы научно-практич. конф. «Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование». Новосибирск: СибрыбНИИпроект, 1997. С. 161-163.
- 33. **Ядренкина Е.Н.** Суточная динамика покатной миграции личинок весенненерестующих карповых в речной системе бассейна озера Чаны // Материалы научнопрактич. конф. «Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования». Томск, 1998. С. 210-211.
- 34. **Ядренкина Е.Н.** Формирование пространственной организации популяции карповых на примере язя Leuciscus idus (L) в условиях бассейна озера Чаны (Западная Сибирь) // Материалы научн.-практ. конф. «Сибирь и Россия: 400-летняя история». Новосибирск, 1998. С. 151-152.
- 35. **Ядренкина Е.Н.**, Ядренкин А.В. Динамика размножения весенненерестующих рыб в речной системе озера Чаны. Саморегуляция структуры ихтиоценоза на нерестилищах // Материалы научн.-практ. конф. «Экология и рациональное природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы». Томск, 2000. С. 226-227.
- 36. **Ядренкина Е.Н.** Экологические механизмы репродуктивной изоляции карповых рыб (сем.Сургіпіdae) в бассейне озера Чаны // Материалы междунар.конф. «Проблема вида и видообразования». Томск, 2000. С.138-139.
- 37. **Yadrenkina E.N.,** Interesova E.A., Yadrenkin A.V., Kchakimov R.M. The formation of fish species diversity in freshwater basin of Western Siberia after ice period // The 1<sup>st</sup> Baikal Workshop on Evolutionary Biology. Irkutsk, 2004. P. 29-30.
- 38. **Ядренкина Е.И.,** Интересова Е.А. Особенности функционирования биоты в заморных водоемах Сибири на примере сообщества рыб // Материалы Сибирской Зоологической конф. Новосибирск, 2004. С. 350.
- 39. **Ядренкина Е.Н.** Целевая программа создания кадастра биологических ресурсов заморных водоемов Новосибирской области // Матер. межрегион. конф. «Современное состояние рыбоводства Сибири». Новосибирск, 2006. С. 17-18.
- 40. **Ядренкина Е.**Н., Интересова Е.А. Структура сообществ рыб заморных озер юга Западной Сибири в период маловодья // Материалы междунар. конф. «Озерные экосистемы: Биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды». Минск, 2007. С. 300.
- 41. **Ядренкина Е.Н.** Интересова Е.А. Проблемы сохранения и поддержания биологического разнообразия рыб на территории Обь-Иртышского междуречья // Сб. «Водные инициативы: проблемы и перспективы». Омск, 2008. С. 112-115.
- 42. **Ядренкина Е.Н.**, Интересова Е.А. Роль видов-акклиматизантов в структуре сообществ рыб малых и средних озер Обь-Иртышского междуречья // Материалы III Всероссийской научной конференции «Принципы и способы сохранения биоразнообразия». Пущино, 2008. С. 461-462.
- 43. **Ядрёнкина Е.Н.** Интересова Е.А. Структура ихтиоценозов малых и средних озер лесостепной зоны Западной Сибири в период регрессии // Материалы междунар. научно-практ. конф. «Стратегия развития аквакультуры в современных условиях». Минск, 2008. С. 362-365.
- 44. **Ядренкина Е.Н.** Интересова Е.А. Перспективы организации озерного рыбоводства в Новосибирской области на современном этапе // Материалы междунар. конф. «Проблемы и перспективы использования водных биоресурсов Сибири в XXI веке». Красноярск, 2008. С. 377-381.

- 45. **Ядренкина Е.Н.,** Интересова Е.А. Современные проблемы сохранения населения рыб в водоемах Новосибирской области: пути решения // Материалы научно-практ.конф. «Проблемы и перспективы территориальной охраны природы в Новосибирской области и сопредельных регионах». Новосибирск, 2008. С. 21-23.
- 46. Кусковский В.С., Юрлова Н.И., **Ядренкина Е.Н**., Сербина Е.А., Водяницкая С.Н. Гидрохимия водоемов юга Западной Сибири и описторхоз // Тр. междунар. конф. «Биоресурсы и их использование». Красноярск, 2008. С. 320-327.
- 47. **Ядренкина Е.Н.** Натурализация ротана, *Perccottus glenii*, в водоемах юга Западной Сибири // Материалы X съезда ГБО. Владивосток, 2009. С. 460-461.
- 48. **Ядренкина Е.Н**. Покатная миграция молоди рыб на личиночных стадиях развития как механизм избегания зон церкариоза // Материалы межрегион. конф. «Паразитоологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке». Новосибирск, 2009. С. 330-332.
- 49. **Ядренкина Е.Н.** Современные проблемы биоразнообразия озерного комплекса Новосибирской области // Материалы научно-практ. конф. по вопросам развития рыбохозяйственного комплекса Новосибирской области. Новосибирск, 2010. С. 68-74.
- 50. **Ядренкина Е.**Н. Миграционное поведение рыб в условиях заморного водоема (озеро Чаны, Западная Сибирь) // Материалы IV Всероссийской научн. конференции «Поведение рыб». Москва: Изд-во «Акварос», 2010. С. 453-459.
- 51. **Yadrenkina E.N.** The transformation of ichthyofauna in Western Siberia during last Century // III International Symposium «Invasion of alian species in holarctic». Yaroslavl: Print-Hous Publ., 2010. P. 94 -95.
- 52. **Yadrenkina E.N.** and Interesova E.A. (*Russia*) Influence of alien species of fish on total fish capacity in waterbodies of southwestern Siberia // 4th International Scientific Conference «Modern problems of aquatic ecology». St.-Petersburg, 2010. P. 213.
- 53. **Ядренкина Е.Н.** «Влияние аридизации степной зоны юга Западной Сибири на ихтиофауну» // Междунар. конф. «Современное состояние водных биоресурсов». Новосибирск, 2010. С. 19-22.