

# ХОЛОДНОВОДНЫЙ ПРЕСНОВОДНЫЙ АКВАРИУМНЫЙ КОМПЛЕКС

## КАК ОСНОВА ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**На базе Лимнологического института СО РАН функционирует холодноводный пресноводный аквариумный комплекс, деятельность которого направлена на проведение экспериментальных работ по выяснению закономерностей функционирования экосистемы оз. Байкал. Комплекс работает на основе модульного принципа и состоит из четырех автономных независимых блоков – проточных и замкнутых установок с регулируемыми параметрами среды. В нём содержатся как космополитные, так и эндемичные виды, принадлежащие разным таксономическим группам – более 80 культур одноклеточных водорослей и цианобактерий, 27 видов гидробионтов.**

### Введение

**В** мировой практике вопросы совершенствования методов искусственного содержания и разведения ценных гидробионтов в настоящее время выдвигаются на первый план [1]. В России для этих целей используются экспериментальные аквариумные комплексы, которые функционируют преимущественно в составе научно-исследовательских учреждений [2]. Научные междисциплинарные эксперименты, выполненные на базе экспериментальных комплексов, позволяют существенно улучшить многие аспекты современной биотехнологии культивирования гидробионтов, что является особенно актуальным для исследования эндемичных видов организмов, обитающих в ультраолиготрофных и холодноводных водах.

Особенно интересны исследования по культивированию организмов из нетипичных (экстремальных) условий обитания. В этом аспекте оз. Байкал уникально разнообразием эндемичных гидробионтов. Для изучения таких организмов *in vivo* и закономерностей функционирования экосистемы оз. Байкал в

целом был создан экспериментальный комплекс аквариумных установок.

В 2004 г. в Байкальском музее Иркутского научного центра СО РАН открыта уникальная Аквариумная, вода в которую поступает непосредственно из оз. Байкал. Аквариумная является важной частью музейной экспозиции. Однако научно-исследовательские работы и модельные эксперименты на её базе проводить пока не представляются возможным, т.к. основные функции музея – это формирование научных фондовых коллекций и банка данных по экосистеме оз. Байкал, эколого-просветительская и выставочная деятельность, а также пропаганда научных знаний.

В отличие от живой экспозиции Байкальского музея холодноводный пресноводный аквариумный комплекс (ПАК) создан с целью проведения модельных экспериментов по междисциплинарным исследованиям и действует при ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН), который находится в 70 км от озера Байкал. Институт оснащен научным оборудованием, позволяющим проводить работы по современным и актуальным направлениям (молекулярная биология, геномика, сенсорная физиология, этология, биохимическая экология, клеточная биология). Таким образом, применение аквариумов ПАК позволяет не только содержать уникальных байкальских гидробионтов, но и проводить эксперименты и наблюдения, трудноосуществимые в естественных условиях с использованием таких современных методов изучения гидробионтов, как методы молекулярной биологии, биохимического анализа, электронной микроскопии и видеонаблюдения.

### О.Ю. Глызина\*

кандидат биологических наук, руководитель Пресноводного аквариумного комплекса, старший научный сотрудник, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

### А.В. Глызин,

кандидат биологических наук, научный консультант, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

\* Адрес для корреспонденции: Glyzina@lin.irk.ru

Фундаментальной научной задачей, определившей актуальность создания ПАК, является исследование комплекса влияющих на устойчивость аквакультур лимитирующих факторов среды, эколого-морфологических и физиолого-биохимических особенностей байкальских гидробионтов с использованием различных подходов. Целью настоящей работы являлось описание структуры и основ функционирования холодноводного ПАК и первых оригинальных результатов его использования как инструмента в фундаментальных и прикладных исследованиях.

## Материалы и методы исследования

*Особенности экспериментальных установок*  
Технологическое решение общей конфигурации ПАК основывается на уже проводимых в институте междисциплинарных исследованиях. Комплекс работает на основе модульного принципа [2]. Каждый модуль представляет собой автономную независимую установку (блок). Решение технических и научно-методических вопросов при организации и работе ПАК основывается на принципах, изложенных в [3].

Для содержания гидробионтов и проведения экспериментов авторами разработаны и адаптированы несколько установок, основой которых являются классические аквариумы и лабораторные термостатированные камеры – холодильники отечественных и зарубежных производителей. В камеры подведена система водоснабжения и канализации, что позволяет создать условия с проточной, полупроточной байкальской и водопроводной водой. Продолжительность экспериментов в акваустановках составляла от одной недели до нескольких лет.

Для всех блоков ПАК предусмотрена возможность контроля за системой регулирования различных параметров среды обитания гидробионтов (температура, освещение, состав воды и скорость ее потока). Водопроводная вода, поступающая из центральной системы водоснабжения г. Иркутск (р. Ангара) очищается с использованием двухступенчатого фильтра «Аква-Фэлп» («Воронеж-Аква», Россия), состоящего из полипропиленового фильтрующего элемента с пористостью 1 мкм и угольного, импрегнированного серебром, а затем насыщается кислородом с помощью компрессоров. Байкальская вода, поставляемая ООО «Вода Байкала», используется без дополнительной очистки. В аквариумах объемом от 1 до 250 л при помощи прибора ТРМ202 («Овен»,

**Л.В. Суханова,**  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

**М.Л. Тягун,**  
кандидат биологических наук, научный сотрудник, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

**Ю.П. Сапожникова,**  
научный сотрудник, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

**О.И. Белых,**  
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, доцент, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

**Е.В. Дзюба,**  
кандидат биологических наук, заведующий лабораторией ихтиологии, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

Россия) и камер-холодильников поддерживается температура от 2 до 12 °С. В качестве источников света используются фотолуминесцентные светильники ЛПБ 2004А-1 и лампы с разным спектральным режимом. Режим освещения «день-ночь» обеспечивается таймером УТ1-Рис («Овен», Россия). Освещенность в основной массе опытов в среднем составляет 200  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Начальная стерилизация акваустановок проводится 1 % раствором антисептика «Анавидин» [4] с последующей тщательной отмывкой препарата, и контролем стерильности путем отбора смывов и их микробиологическим посевом на питательные среды. Состав воды регулярно контролируется аккредитованной лабораторией гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СО РАН. При контрольном содержании гидробионтов рН поддерживается в пределах 7,1–7,5.

Успешное содержание эндемичных видов гидробионтов, особенно сложных симбиотических сообществ, кроме непрерывной работы акваустановок требует применения комплекса современных методов контроля за состоянием живых систем. Использование биохимических маркеров [5], например, позволяет экспрессно и с высокой степенью чувствительности обнаруживать изменения жизненного состояния организмов, содержащихся в аквариумах. Это даст возможность получить более точные количественные и качественные показатели факторов, лимитирующих рост, развитие гидробионтов и их жизнедеятельность в искусственных условиях. Контроль биохимических показателей при исследовании гидробионтов также позволит в дальнейшем расширить спектр маркеров, используемых для анализа трофических и симбиотических связей. Также необходим микробиологический мониторинг водной среды с использованием высокочувствительных молекулярно-генетических методов с целью ранней детекции возбудителей бактериальных заболеваний рыб (в первую очередь представителей родов *Aeromonas* и *Flavobacterium*).

В ПАК в настоящее время функционируют четыре блока.

*Первый блок* представляет собой акваустановку, в которой гидробионты находятся в условиях, максимально приближенных к естественным. Все аквариумы и емкости с байкальской или ангарской природной водой находятся в камерах-холодильниках с датчиками контроля основных параметров среды (состав и скорость потока воды, освещение и температура). В данной установке проводятся экспериментальные рабо-

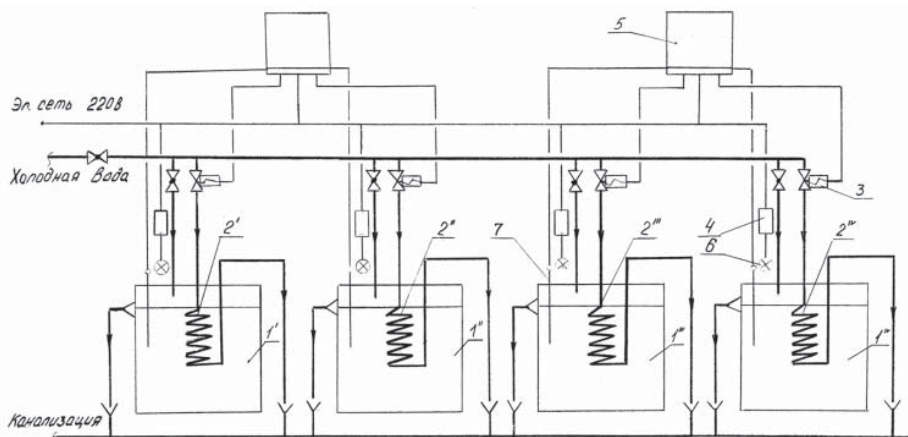
ты по исследованию особенностей роста и развития гидробионтов (водоросли, кремне-роговые губки, амфиподы, рыбы), собранных с различных районов оз. Байкал.

Особое внимание следует уделить проведению в первом блоке исследований по экологической геномике сиговых рыб – гибридизации симпатрических озерных экотипов сига байкальского омуля и сига (*Coregonus migratorius* × *Coregonus baicalensis*).

Фиксация проб для работ по экологической геномике байкальских сиговых рыб осуществляется на эмбриональной, личиночной, мальковой и последующих стадиях развития. Работы включают искусственное оплодотворение, инкубацию икры и выращивание гибридного (F1) и негибридного потомства до взрослого состояния. Эксперименты по скрещиванию/искусственному оплодотворению (в том числе с использованием криоконсервированных половых продуктов) и инкубации икры байкальских сиговых проводятся на основе многолетнего опыта по сбору и хранению икры, ряду экспериментальных работ, физиолого-эмбриологических исследований и литературных данных, характеризующих условия нереста сиговых рыб, а также морфологических и физиологических показателей развития икры.

*Второй блок* акваустановок разработан для последовательной адаптации стенотермных пресноводных гидробионтов, обитающих при низких температурах. Экспериментальная установка функционирует на базе охлаждающего термостата ТРМ202 и системы внутренних стеклянных холодильников-змеевиков (рис. 1).

**Рис. 1.** Внешний вид (слева) и принципиальная схема (справа) аквариумной установки для адаптации гидробионтов. Условные обозначения: 1 – аквариум; 2 – змеевик стеклянный; 3 – электромагнитный клапан; 4 – регулятор напряжения; 5 – двухканальный регулятор температуры; 6 – лампа освещения; 7 – термопара.



**А.Н. Зайцева,**  
инженер, ФГБУН  
Лимнологический  
институт Сибирского  
отделения Российской  
академии наук

**В.А. Куликов,**  
кандидат технических  
наук, научный  
сотрудник, ФГБУН  
Институт автоматики  
и электрометрии  
Сибирского  
отделения Российской  
академии наук

**Т.В. Беломестных,**  
аспирант ФГБУН  
Лимнологический  
институт Сибирского  
отделения Российской  
академии наук

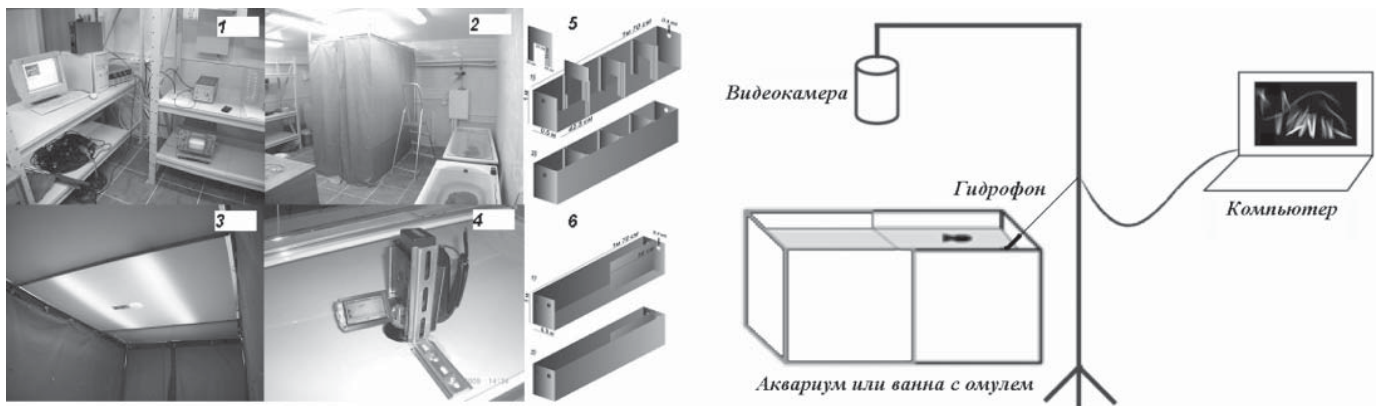
Особенностью второго блока является возможность регуляции таких условий среды как освещение, температура, состав воды и проточность в каждом из аквариумов. Это позволяет оптимизировать адаптацию гидробионтов и существенно повышает их выживаемость. В акваустановке с успехом прошли свою адаптацию к искусственным условиям обитания эндемичные байкальские губки (*Lubomirskia baikalensis*) [3, 5, 6] и глубоководные амфиподы (*Acanthogammarus victori*).

В настоящее время акваустановки первого и второго блоков используются для изучения раннего онтогенеза и последующего развития, адаптационной дивергенции и биохимии некоторых эндемичных гидробионтов оз. Байкал, в частности рыб и их гибридов.

В *третьем блоке* разработана и прошла пробные испытания мобильная экспериментальная установка (рис. 2) для изучения поведения и сенсорной экологии байкальских гидробионтов на основе программно-аппаратного комплекса EthoStudio [8]. В работе применен поведенческий метод исследования как наиболее адекватный для наблюдения ответа всего организма и выяснения взаимосвязи его сенсорных способностей с условиями обитания. Экспериментальная установка позволяет моделировать различные звуковые и световые условия содержания гидробионтов.

В настоящее время в ПАК проводятся работы по изучению сенсорной экологии байкальских рыб (на примере байкальского омуля), определению их слуховой чувствительности через оценку поведения в зависимости от различного рода акустических загрязнений. Такого рода эксперименты позволят оценить воздействие антропогенных факторов на популяцию данных рыб в оз. Байкал.

Эксперимент сводится к тесту открытого поля. Тестирование проводится на ярко



**Рис. 2.** Внешний вид мобильной экспериментальной установки (слева) и её принципиальная схема (справа) на основе программно-аппаратного комплекса EthoStudio, состоящего из программного обеспечения (1), специального каркаса (2) со шторками для исключения зрительного контакта экспериментатора с исследуемым объектом и собственного освещения над матовым стеклом (3), цифровой видеокамеры HDR-НС5 (4), аквариумов для изучения акустической (5) и химической (6) коммуникации рыб.

освещенной арене белого цвета. Объект помещается на эту арену и в течение определенного времени измеряется его двигательная активность после подачи звукового сигнала разной частоты, на который ранее у рыб был воспитан условный рефлекс. Задача систем автоматизации этологического эксперимента заключается в измерении пройденного пути и нахождении областей предпочтения рыб, по которым можно судить о его чувствительности к звуковому сигналу определенной частоты и интенсивности.

Четвертый блок представлен инкубатором (New Brunswick G25, USA), в котором культивируются эндемичные байкальские и космополитные водоросли и цианобактерии. Культивирование осуществляется со световым режимом 1000-1500 лк (используются лампы белого света) и регулируемым температурным режимом – 11-12 °С.

Монокультуры байкальских цианобактерий получены на среде Z-8 [10] расеевом проб воды на 1 % агаризованную среду в чашки Петри. Другие монокультуры культивируются при температурах 23-25 °С и 36 °С.

## Результаты и их обсуждение

**В** результате работы ПАК в период с 2009 по 2011 гг. была не только создана методика длительного содержания различных байкальских организмов в искусственных условиях, но и поставлен ряд экспериментов, которые позволили получить ценные фундаментальные и приклад-

ные результаты по некоторым биолого-физиологическим, экологическим и биохимическим закономерностям развития и существования байкальских гидробионтов. Полученные результаты показали большую перспективность использования таких аквариумных установок.

Так, в ходе эксперимента в установках первого блока по экологической геномике сиговых рыб обеспечена идентичность условий инкубации икры и последующего выращивания рыб для всех вариантов скрещиваний. В ПАК содержится живая коллекция особей (гибридов первого поколения и негибридных форм).

Начиная с личиночного периода развития у молоди сиговых рыб проводятся исследования морфологических и физиологических качеств, а также наследственно обусловленных различий и изменчивости поведения. В старшевозрастных группах сиговых рыб проводится изучение особенностей морфологии и физиологии сенсорных систем. С целью оценки валидности возраста и исследования закономерностей роста применяется анализ прироста твёрдых тканей (отолиты, чешуя). Для детального исследования мультиритмических процессов у молоди сиговых на разных стадиях развития изымаются отолиты. Из отолитов изготавливаются спилы. На поверхности спила отображены элементарные микроприросты (ростовые слои), величины которых коррелируют с физическими микроприростами рыбы. Анализ скорости закладки периодик микроприростов на таком спиле проводится с учётом известного априори времени жизни особи. Частота закладки ростовых слоёв отолитов изменяется от одного до нескольких дней в соответствии со стадией развития. На рис. 3 представлены индивиды гибрида сига и омуля на разных стадиях развития и периодики, образовавшиеся в течение соответствующих стадий.

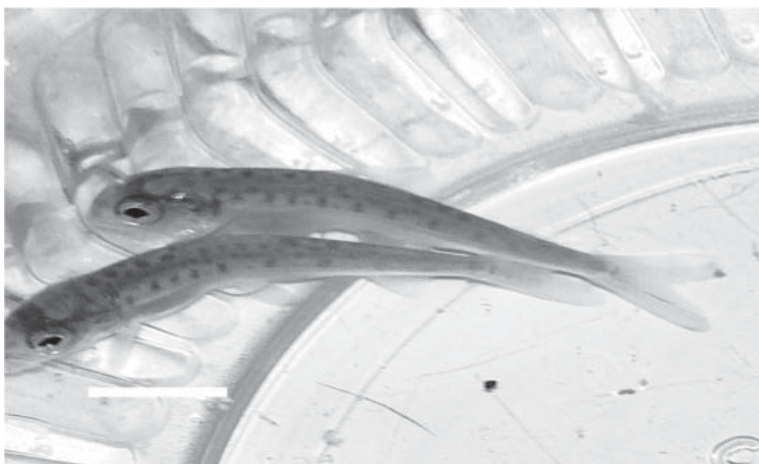
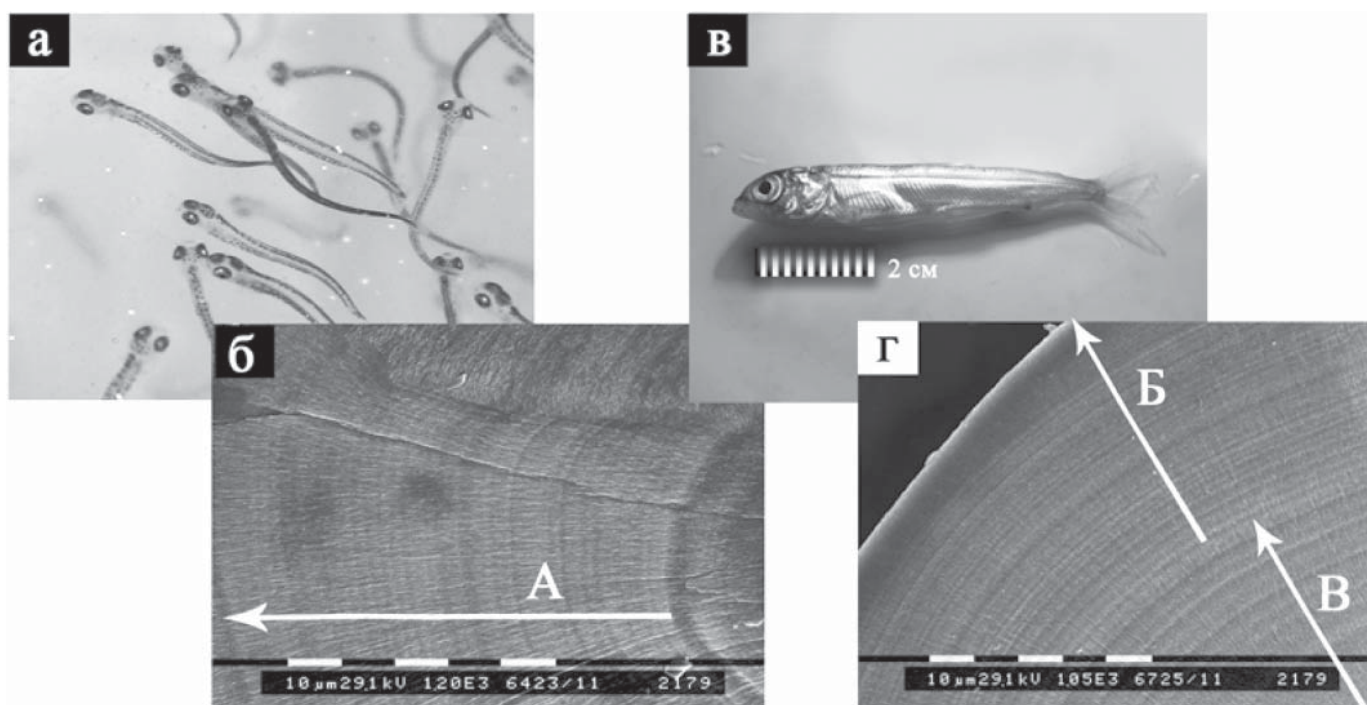
С использованием установок первого блока впервые был поставлен эксперимент по исследованию гонадо- и гаметогенеза в ран-

нем онтогенезе черного байкальского хариуса (*Thymallus baicalensis*) (рис. 4), данные по которому до настоящего времени отсутствовали. Объектом исследования послужили мальки и личинки этого вида. Исходный материал получили от одной самки, подросшие личинки содержались в экспериментальной аквариумной установке.

Интересные результаты были получены в установках второго блока при адаптации к искусственным условиям обитания байкальских губок (*Lubomirskia baicalensis*) и глубоководных амфипод (*Acanthogammarus victori*). Содержание и культивирование колоний губок, их редуцированных тел и амфипод *in vitro* в ПАК в течение длительного времени позволило создать управляемую живую модель в экспериментально контролируемых условиях, сократить смертность организмов и ускорить их адаптацию к обитанию в искусственных условиях. Это дает возможность исследовать процессы роста, дифференциации и физиологические функции клеток губки, идентифицировать белки, вовлеченные в процесс биоминерализации и расшифровать их гены; исследовать спектр вторичных метаболитов губки в различных условиях [3].

Впервые благодаря установке третьего блока получены данные по изменению параметров поведения байкальского омуля в эксперименте под воздействием внешних факторов

**Рис. 3.** Гибрид омуля и сига: (а) личинки, возраст 13 сут, (б) ростовые слои отолита (А – личиночный прирост); (в) малёк, возраст 228 сут, (г) ростовые слои отолита (Б – мальковый прирост, В – личиночный прирост).



**Рис. 4.** Молодь черного байкальского хариуса, возраст 111 сут. после выклева (фото Зайцевой А.Н.).

среды, прежде всего, при воздействии звуковых сигналов определенной частоты и интенсивности [7].

Работа по изучению развития в онтогенезе абсолютной и дифференциальной акустической чувствительности рыб проводилась с одиночными половозрелыми особями байкальского омуля посольской популяции (7,5 лет), а также личинками в возрасте 4 недель и мальками в возрасте 20 недель после выклева. Благодаря адаптированной установке (рис. 2) и на основании полученных данных построены аудиограммы (графики зависимости слуховых порогов от частоты) для байкальского омуля разного возраста (табл. 1).

Отмечена способность половозрелого байкальского омуля к дифференциальной чувствительности – возможность различать

**Таблица 1**

Частотные диапазоны слуха байкальского омуля разного возраста

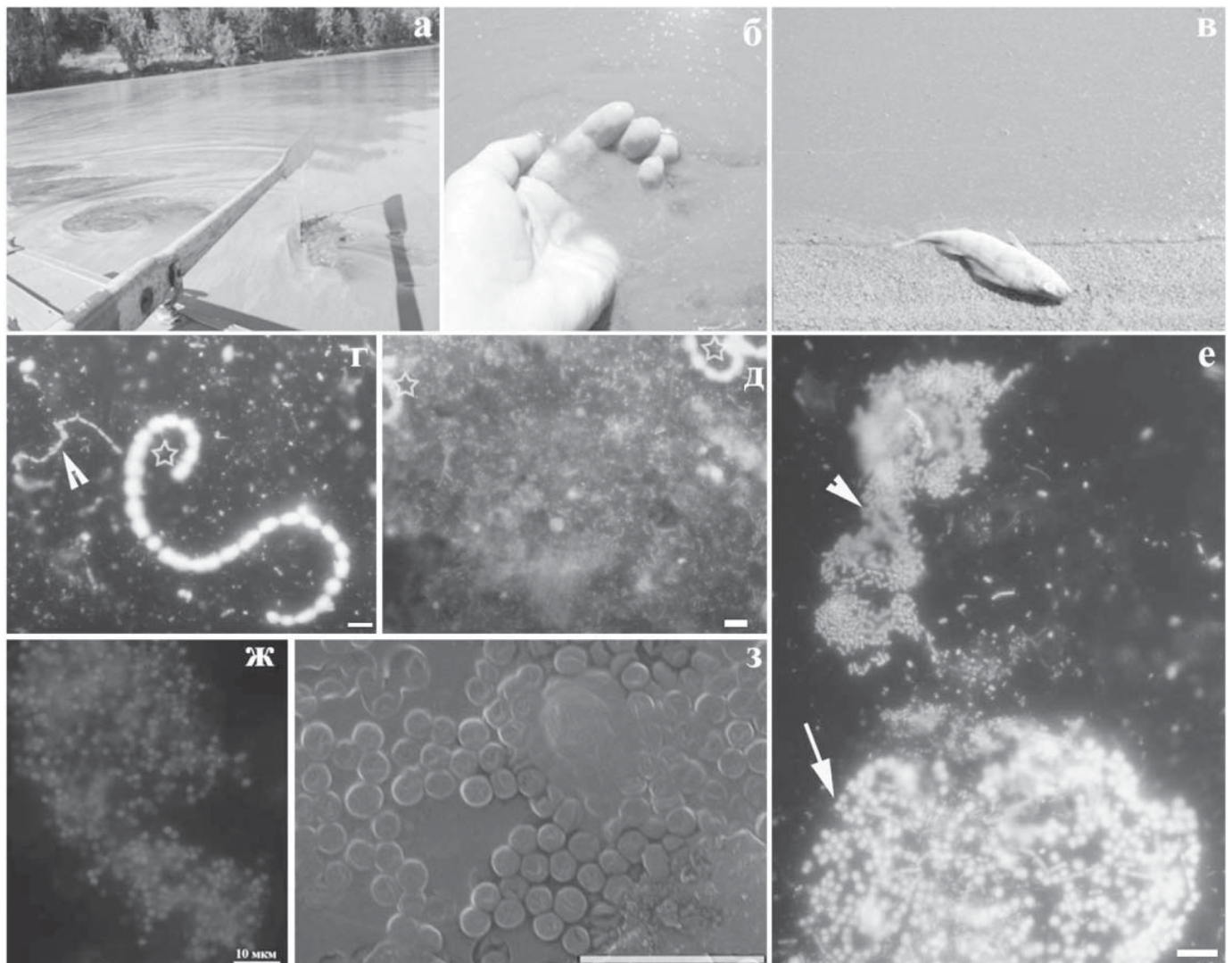
Возраст; длина (TL), мм	Диапазон максимальной чувствительности, Гц
Личиночная стадия (4 недели); 24	550-2000
Мальковая стадия (20 недель); 33	300-700
Половозрелая особь (7,5 лет); 370	400-800

звуки близкой частоты (в частности, в диапазоне низких частот – от 400 до 1000 Гц). Наблюдается резкое уменьшение чувствительности на более высоких частотах. В ходе эксперимента отмечено значительное увеличение активности и уменьшение плотности скопления особей байкальского омуля при звуковом воздействии по сравнению с их активностью и плотностью скопления при отсутствии звука [7-9].

В настоящее время в *четвёртом* блоке (инкубаторе) содержится живая коллекция водорослей и цианобактерий, выделенных преимущественно из планктона оз. Байкал с использованием современных методов куль-

тивирования [10]. В коллекции также имеются изоляты из Телецкого озера, оз. Констанце (Германия), а также из термальных источников Байкальской рифтовой зоны и Камчатки. Проводится изучение морфологии и ультраструктуры штаммов, их таксономического и генетического разнообразия. Начаты исследования метаболического потенциала цианобактерий для последующего использования их в биотехнологических целях. Кроме того, недавно выделены штаммы цианобактерий, вызывающие «цветения» в пресных водоемах, например, в оз. Котокель (Бурятия) (рис. 4). Культивируются и иссле-

**Рис. 5.** Цианобактерии из оз. Котокель: а–в – обширные поля «цветений» цианобактерий на озере в августе (фото Е.Г. Сорокиной); в – мертвая рыба на берегу; г – ж – эпифлуоресцентная микроскопия; з – сканирующая электронная микроскопия; г – е – окраска DAPI, наблюдение под UV-фильтром; ж – автофлуоресценция цианобактерий; г – бактериопланктон с *Romeria* sp. (стрелка) и нить *Anabaena* sp. (звездочка); д – общий вид бактериопланктона; е – колонии *Aphanothece clathrata* (короткая стрелка) и *Microcystis aeruginosa* (длинная стрелка) в пробах из оз. Котокель; ж, з – культура *Aphanocapsa holsatica*.



**Таблица 2**

Список гидробионтов живой коллекции Пресноводного аквариумного комплекса ЛИН СО РАН

№	Таксон, вид	Дата составления	Количество особей (штаммов)
<i>Eucaryota, Phycobionta, Chlorophyta</i> (одноклеточные зеленые водоросли)			
1	<i>Monoraphidium</i> sp.	9.07.2001	5
2	<i>Chlorella</i> spp.	18.07.2001	8
3	<i>Choricystis</i> spp.	25.07.2001	5
4	<i>Choricystis minor</i>	19.07.2001	5
5	<i>Ulotrichales</i>	9.07.2001	11
6	<i>Desmodesmus</i> spp. ( <i>Scenedesmus</i> spp.)	16.07.2001	5
7	<i>Raphidocelis</i> spp.	25.07.2001	2
8	<i>Siderocelis</i> spp.	25.07.2001	2
9	<i>Koliella</i> spp.	25.07.2001	2
10	<i>Pseudodictyosphaerium jurisii</i>	19.07.2001	1
11	<i>Oocystis</i> spp.	25.07.2001	2
<i>Procaryota, Cyanobacteria</i> (Нанопланктонные цианобактерии)			
12	<i>Anabaena</i> spp.	19.07.2001	7
13	<i>Microcystis aeruginosa</i>	1.10.2011	3
14	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	1.10.2011	2
<i>Procaryota, Cyanobacteria</i> (Пикопланктонные цианобактерии)			
15	<i>Synechococcus</i> spp.	19.07.2001	10
16	<i>Cyanobium</i> spp.	19.07.2001	10
<i>Eucaryota, Phycobionta, Chlorophyta</i> (многоклеточные зеленые водоросли)			
17	<i>Ulothrix zonata</i>	15.01.2010	++
<i>Pisces (Рыбы)</i>			
1.	<i>Paracottus kesslerii</i>	30.08.2009	1
2.	<i>Cottocomephorus grewigkii</i>	30.08.2009	4
3.	<i>Batrachocottus baicalensis</i>	30.08.2009	2
4.	<i>Coregonus migratorius</i>	15.05.2010	5
5.	<i>Coregonus baicalensis</i>	15.05.2010	5
6.	<i>Coregonus migratorius</i> × <i>Coregonus baicalensis</i> (гибридные формы сиговых рыб F1)	15.05.2010	++
7.	<i>Perccottus glenii</i>	02.07.2009	++
8.	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	10.09.2009	++
9.	<i>Cyprinus carpio</i>	10.09.2009	1
10.	<i>Rutilus rutilus</i>	04.04.2011	2
11.	<i>Perca fluviatilis</i>	04.04.2011	3
12.	<i>Thymallus baicalensis</i>	15.09.2009	3
13.	<i>Danio rerio</i>	15.09.2009	++

дуются цианобактерии – возбудители «цветений» украинских водоемов, они получены в Институте гидробиологии НАН Украины в рамках выполнения совместных проектов. Штаммы токсичных цианобактерий не только содержат гены синтеза токсинов, как показали результаты генетического анализа, но и способны продуцировать цианотоксины. Список монокультур байкальских водорослей состоит из 80 штаммов (табл. 2).

## Заключение

**В** настоящее время ПАК ЛИН СО РАН является единственным в своем роде междисциплинарным научным комплексом на оз. Байкал. В этом комплексе с успехом содержатся и культивируются 26 видов байкальских гидробионтов различных таксономических групп, более 80 культур одноклеточных водорослей и цианобактерий, включая космополитные и эндемичные виды гидробионтов различных таксономических групп.

ПАК ЛИН СО РАН состоит из четырех блоков, объединяющих 50 аквариумов различного объема и приборов, обеспечивающих постоянное авторегулирование, контроль над гидробионтами, условиями их искусственного содержания и разведения. Благодаря используемому оборудованию возможно наблюдение за исследуемыми объектами при непрерывных и длительных экспериментах и решать не только вопросы содержания холодноводных пресноводных эндемичных гидробионтов экосистемы ультраолиготрофного оз. Байкал, но и получать устойчивые аквакультуры ценных видов гидробионтов с оценкой их изменчивости в искусственных и естественных условиях, что имеет также практическое значение.

Исследования с помощью усовершенствованных аквариумных установок со сложным многоуровневым (многопозиционным) набором датчиков и автодозаторов могут вносить значительный вклад также в фундаментальные теоретические знания, направленные на повышение благополучия гидробионтов и сохранение их видов *ex situ* и *in situ*. Использование ПАК в 2009-2011 гг. позволило сократить смертность гидробионтов различных таксономических групп и оптимизировать их адаптацию к обитанию в искусственных условиях. Это дало возможность исследовать процессы роста, дифференциации и физиологические функции байкальских гидробионтов в различных условиях и получить результаты большой научной и практической значимости.

Таблица 2 (Окончание)

№	Таксон, вид	Дата составления	Количество особей (штаммов)
<i>Crustacea, Amphipoda (амфиподы)</i>			
14.	<i>Brandtia latissima</i>	23.07.2009	2
15.	<i>Brandtia parasitica</i>	23.07.2009	3
16.	<i>Eulimnogammarus violaceus</i>	23.07.2009	1
17.	<i>Eulimnogammarus cianeus</i>	23.07.2009	1
18.	<i>Acanthogammarus victori</i>	23.07.2009	3
<i>Spongia, Demospongia (кремнероговые губки)</i>			
19.	<i>Lubomirskia baikalensis</i>	02.07.2009	3
20.	<i>Baicalospongia bacillifera</i>	23.07.2009	1
<i>Cladocera (планктонные ракообразные, надотряд ветвистоусых)</i>			
21.	<i>Megacyclops viridis</i>	19.07.2011	++
22.	<i>Eucyclops serrulatus</i>	19.07.2011	++
23.	<i>Daphnia magna</i>	11.09.2009	++
<i>Trichoptera (ручейники, их куколки)</i>			
24.	<i>Protobaicalina spinosa</i>	10.03.2011	30
25.	<i>Baicalina bellicose</i>	10.03.2011	10
26.	<i>Baicalina reducta</i>	10.03.2011	25
27.	<i>Baicalina thamastoides</i>	10.03.2011	5
28.	<i>Thamastes dipterous</i>	10.03.2011	5

++ - количество трудно посчитать или не подлежит подсчёту

Доказано, что длительное нахождение и содержание пресноводных байкальских губок в искусственных условиях позволяет выявлять их адаптивные реакции и сохранить жизненно важные свойства этого сложного симбиотического сообщества путем постепенного перехода в другие условия обитания и последующей регистрацией их адаптивных реакций. Культивирование колоний губок и их редуцированных тел *in vivo* с применением ПАК в течение длительного времени позволило создать управляемую живую модель в экспериментально контролируемых условиях.

Реализовалась возможность детально отслеживать качество роста подращиваемой молодежи экспериментальных рыб, отмечать особенности жизненного цикла у близкородственных видов и их гибридов и фиксировать особенности их развития.

Полученные результаты по исследованию особенностей сенсорной слуховой системы рыб могут быть использованы при дальнейшем изучении акустической коммуникации изучаемых видов разных популяций.

На основе живой коллекции штаммов микроорганизмов (цианобактерий) регулярно проводится изучение их морфологии и ультраструктуры, таксономического и генетического разнообразия, а также метаболического потенциала для последующего использования их в биотехнологических целях.

В течение года в ПАК проводятся эксперименты как по базовым темам института, так и совместно с другими научно-исследовательскими учреждениями, ВУЗами, средне-специальными учебными заведениями и учреждениями дополнительного образования. Молодые сотрудники ЛИН СО РАН проводят лекции и экскурсии на базе холодноводного пресноводного аквариумного комплекса.

Авторы благодарят сотрудников Байкальского музея ИНЦ СО РАН за предоставленную возможность использовать проточную систему на основе байкальской воды для экспериментальных работ.

Работа выполнена в рамках программы РАН «Поддержка вивариев, коллекций, клеточных и бактериальных культур», проекту СО РАН № 6 «Закономерности поведения байкальского омуля и гидроакустическая оценка динамики его популяций как ключевого промыслового вида», ГК № 16.512.11.2075 Министерства образования и науки Российской Федерации и гранту РФФИ 10-04-01583-а.

### Литература

1. Сайт об организмах культивируемых в водоемах Мира. Электронный ресурс: <http://www.world-aquaculture.ru/>
2. Раилкин А.И. Холодноводный морской аквариальный комплекс Биологического института Санкт-Петербургского университета: итоги создания и первого года работы / А.И. Раилкин, С.З. Чикадзе, О.М. Никитин, Н.Г. Гагарина, К.Б. Фролов // Вестник СПбГУ. 2006. Сер. 3. Вып. 4. С. 3-9.
3. Глызин А.В. Изучение байкальских гидросимбионтов с помощью экспериментальных аквариумных установок / А.В. Глызин, О.Ю. Глызина, С.А. Любочко // Вода: химия и экология. 2011. № 2. С. 35-40.
4. Свидетельство о государственной регистрации №77.99.1.2.У 668.1.05, Дезинфицирующее средство «Анавидин» / ЗАО «Специализированное промышленное предприятие ИрИОХ». Гост 12. (07-76 п.п. 1.2; 1.3. – № 0009452. – Оpubл. 27.01.05
5. Latyshev N.A. Effect of habitat on participation of symbionts in formation of the fatty



acid pool of freshwater sponges of Lake Baikal / Latyshev N.A., Zhukova N.V., Efremova S.M., Imbs A.B., Glyzina O.I. // *Comp. Biochem. Physiol.* 1992. № 102B (4). С. 961-965.

6. Глызина О.Ю. Индикаторы жизненного состояния байкальской губки при содержании в аквариумах с использованием масс-спектрометрии и жидкостной хроматографии / О.Ю. Глызина, А.В. Глызин, Г.И. Барам, Н.А. Латышев // *Химия в интересах устойчивого развития.* 2007. №1 5 (6). С. 659-662.

7. Закономерности поведения байкальского омуля и гидроакустическая оценка динамики его популяций как ключевого промыслового вида: Отчет о НИР по интеграционному проекту СО РАН № 6, выполняемому совместно со сторонними научными организациями и имеющему междисциплинарный характер (окончательный) / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН). Руководитель Кирильчик С.В. Иркутск. 2011. 41 с.

**Ключевые слова:**

пресноводный  
аквариумный  
комплекс,  
гидробионты озера  
Байкал,  
автоматизация  
эксперимента

8. Пат. 70105 РФ / Куликов В.А., Куликов А.В. Устройство для трассировки перемещения лабораторных животных. Заявлено 17.09.2007. Опубликовано 20.01.2008. Бюл. № 2. Приоритет 17.09.2007.

9. Куликов В.А. Алгоритм оценки параметров пересекающихся объектов на бинарном изображении / В.А. Куликов, Ю.П. Сапожникова // Тезисы Всероссийской конференции Математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях, 2011. Иркутск. С. 80-82.

10. Rippka R. Isolation and purification of cyanobacteria // *Methods in Enzymology.* 1988. № 167. P. 28-67.

11. Шевцов А.А. Исследование кинетических закономерностей процесса культивирования микроводорослей в пленочном аппарате с рециркуляцией жидкой фазы / А.А. Шевцов, А.В. Дранников, А.В. Пономарев, Н.Ю. Ситников // *Вестник ВГТА.* 2011. № 1. С. 7-12.

O. Yu. Glyzina, A.V. Glyzin, L.V. Sukhanova, M.L. Tyagun, Yu.P. Sapozhnikova,  
O.I. Belykh, E.V. Dzyuba, A.N. Zaitseva, V.A. Kulikov, T.V. Belomestnyh

## COLD-WATER FRESH-WATER AQUARIUM COMPLEX AS BASIS OF SCIENCE INVESTIGATION

The goal of operation of cold-water fresh-water aquarium complex (Limnological institute, Siberian branch of RAS) is experimental activities on investigation of function principles of the Lake Baikal ecosystem. The complex bases on modular concept and contains four autonomous independent units – flowing and close-loop installations with controlled environmental conditions. Cosmopolitan and endemic species of different taxonomic groups (in particular 80 species of unicellular algae and cyanobacteria, 27 species of hydrobionts) inhabit fresh-water aquarium complex.

**Key words:** fresh-water aquarium complex, Lake Baikal hydrobionts, automation of experiment