

На правах рукописи



**Федорова Людмила Ивановна**

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ГИРУДОФАУНЫ БАССЕЙНА РЕКИ ИРТЫШ (КАЗАХСТАН)**

03.02.08 – Экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Иркутск – 2018

Работа выполнена на кафедре охотоведения и биоэкологии Института управления природными ресурсами – факультета охотоведения им. В.Н. Скалона ФГБОУ ВО Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского

Научный руководитель: кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории аналитической и биоорганической химии ЛИН СО РАН  
**Кайгородова Ирина Александровна**

Научный консультант: доктор биологических наук, директор института управления природными ресурсами **Саловаров Виктор Олегович**

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, заведующий лабораторией популяционной генетики ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова  
**Политов Дмитрий Владиславович**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории эволюционной экологии ФГБУН Институт Экологии Растений и Животных УрО РАН **Черная Людмила Владимировна**

Ведущая организация: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Защита состоится «20» декабря 2018 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.074.07 при ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» по адресу: 664003, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5, Байкальский музей им. проф. М.М. Кожова (ауд. 219).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124 и на сайте Иркутского государственного университета по адресу: <https://isu.ru/ru/science/boards/dissert/dissert.html?id=147>

Отзывы просим направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, биолого-почвенный факультет ИГУ. Тел./факс: (3952) 24-18-55; e-mail: dissovet07@gmail.com

Автореферат разослан «\_\_» ноября 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
Кандидат биологических наук, доцент



А. А. Приставка

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Пресные воды покрывают около 0.8% поверхности Земли (Gleick, 1996). Учитывая скорость, с которой под воздействием антропогенных факторов деградируют водные экосистемы – неминуема угроза их биологическому разнообразию. Особенно сложной эта ситуация представляется для беспозвоночных и микроорганизмов (Dudgeon et al., 2006). Между тем, своевременное и точное определение видов зачастую имеет решающее значение при осуществлении биологического контроля, диагностики, профилактики болезней и выявления паразитических видов, а также выявления видов – биологических индикаторов загрязнений (Bickford et al., 2007; Lajus et al., 2015; Barley, Thomson, 2016). В связи с этим становится очевидной необходимость проведения исследований, направленных на изучение взаимосвязи между биоразнообразием, функционированием водных экосистем и их экологической стабильностью.

Река Иртыш располагается на границе Западно-Сибирской равнины, Алтайских гор и Казахстанского мелкосопочника и демонстрирует широкий спектр климатических условий, окружающей среды и экологических ниш. В пределах бассейна Иртыша на территории Казахстана расположены промышленные объекты, которые являются как основными водопотребителями, так и прямыми источниками загрязнения (Бурлибаев и др., 2012). Данное обстоятельство, несомненно, оказывает влияние на видовое богатство флоры и фауны, включающих в себя комплексы европейских и азиатских видов (Кривошеина, 1973). Исходя из вышеизложенного, остро встает вопрос об организации биологического мониторинга на различных участках бассейна р. Иртыш.

Пиявки в числе донных беспозвоночных организмов являются важным элементом в трофических связях (Лукин, 1976; Adamiak-Brud et al., 2016) и перспективной группой пригодной в качестве оценки качества пресной воды (Sládeček, 1984; Grosser, 2001; Koperski, 2005; Безматерных, 2007; Черная, 2007; Романова, 2009, 2010; Магомедов, 2011; Kubová, 2014). Однако, в связи с недостаточным количеством опубликованных сведений о взаимоотношении пиявок с окружающей средой и влиянием на них различных загрязняющих веществ (Kazanci, 2015), широкое использование гирудинид в этих целях в настоящее время затруднительно. Кроме того в качестве биоиндикаторов загрязнения описываются в основном средневропейские виды пиявок. Между тем пиявки характеризуются чрезвычайно высокой пластичностью и географическим разнообразием морфологических форм, что приводит к противоречивым оценкам богатства их фауны и затрудняет определение таксономического статуса многих образцов. Данное обстоятельство дает основание предполагать, что использование традиционных морфологических методов для оценки биологического разнообразия гирудинид, недостаточно, что обуславливает необходимость применения молекулярно-генетических методов

для уточнения определений видовой принадлежности пиявок наряду с классическим анализом морфологических признаков.

**Степень разработанности темы исследования.** Большая часть Казахстана, в частности водосборный бассейн р. Иртыш, остается недостаточно изученным регионом в отношении фауны пиявок. Согласно литературным данным свидетельства об обнаружении пиявок встречаются только в рамках изучения проб макрозообентоса в водоемах высокого рыбохозяйственного значения (Изюмова, 1977; Девятков, 2012). Так, в Бухтарминском и Шульбинском водохранилищах было определено обитание четырех видов пиявок - *Erpobdella ocloulata* (L., 1758), *Hemiclepsis marginata* (Müller, 1774), *Caspiobdella fadejewi* (Epstein, 1961), *Piscicola geometra* (L., 1758). В связи с этим, инвентаризация гирудофауны и изучение экологических особенностей пиявок в бассейне р. Иртыш является своевременной мерой направленной на изучение и сохранение биологического разнообразия.

**Цель исследования** заключается в комплексном изучении видового состава, выявлении особенностей распределения пресноводных пиявок в бассейне р. Иртыш и определении возможности их использования в оценке экологического состояния водных экосистем.

#### **Задачи:**

1. Определить таксономический состав фауны пресноводных пиявок бассейна реки Иртыш.
2. Охарактеризовать особенности распределения пиявок и выделить основные факторы среды на него влияющие.
3. Проанализировать эколого-популяционные характеристики гирудофауны в биотопах с разным уровнем загрязнения.
4. Выявить возможность использования пиявок в качестве биоиндикаторов и оценки качества водной среды.

**Научная новизна.** Впервые получен обширный фактический материал о фаунистической структуре пресноводных гирудинид Казахстана, проанализированный с применением комплексного подхода, включающего морфологические и молекулярно-генетические методы, в результате чего подтверждено присутствие в фауне бассейна реки Иртыш 12 видов пиявок, семь из них являются потенциально новыми для науки. Полученные сведения позволили расширить географические границы распространения трех палеарктических видов, обнаруженных на изучаемой территории впервые. Применение техники ДНК-штрихкодирования позволило выявить девять комплексов криптических видов глоточных пиявок.

Впервые изучены структурные показатели и проанализированы оригинальные данные по влиянию различных экологических факторов на закономерность распределения видов в гирудотаксоценозах. Результаты многомерной статистики позволили определить, что в водных средах бассейна реки Иртыш, подверженных сильному антропогенному воздействию, наблюдается снижение общей численности и биомассы пиявок, а также

происходит обеднение видового состава за счет выпадения наиболее чувствительных видов.

**Теоретическая значимость работы.** Полученные в работе сведения о видовом составе, обилии и распределении пресноводных пиявок в связи с экологическими особенностями водных объектов бассейна р. Иртыш, вносят вклад в познание фундаментальных научных проблем влияния среды на формирование локальных фаунистических сообществ.

**Практическая значимость работы.** Результаты комбинированного морфологического и молекулярно-филогенетического анализа гирудофауны Восточного Казахстана вносят существенный вклад в международные базы нуклеотидных последовательностей, что создаёт основу для конструирования идентификационных систем с использованием молекулярных данных. Кроме того данные о биологическом разнообразии и распространении видов, приведенные в работе морфологические описания и фотоиллюстрации могут быть использованы для составления определителей, аннотированных видовых списков и региональных кадастров беспозвоночных животных.

Полученные данные о структурных показателях сообществ дают основание полагать, что гирудотаксоценозы могут являться биоиндикационными системами, показывающими степень влияния различных загрязнителей на жизнедеятельность макрозообентоса. Материалы диссертации используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров Иркутского ГАУ имени А. А. Ежевского при проведении практических занятий по дисциплинам: зоология беспозвоночных, мониторинг природных экосистем, охрана природы.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Применение методов молекулярной делимитации видов в комплексе с классическими морфологическими методами позволило достоверно расширить состав фаунистического комплекса гирудинид в Казахстане на 75%.

2. Структурно-видовые показатели гирудоценозов зависят от экологического состояния биотопа и могут быть успешно использованы в качестве косвенного индикатора уровня загрязнения пресных водоемов.

**Личный вклад.** Автором проводились все основные этапы исследования: экспедиционные работы по сбору биологического материала, пробоподготовка, морфологический анализ, молекулярно-генетические работы, а также подготовка и публикация полученных результатов. Выводы сделаны на основании собственных оригинальных данных.

**Апробация результатов исследований.** Материалы диссертационной работы докладывались на международной конференции молодых ученых «Современные вопросы экологического мониторинга водных и наземных экосистем» (Ростов-на-Дону, 2015), международной конференции молодых ученых «Водные ресурсы: изучение и управление» (Лимнологическая школа-практика) (Петрозаводск, 2016), IV международной конференции «Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных

регионов: настоящее, прошлое и будущее» (Горно-Алтайск, 2016), всероссийской конференции с международным участием «Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования» (Томск, 2016), IV всероссийской конференции «Биологические ресурсы: изучение, использование, охрана» (Вологда, 2018), международной научно-практической конференции, студентов, аспирантов и молодых ученых «Социально-экологические проблемы байкальского региона и сопредельных территорий» (Иркутск, 2018).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 5 статей в научных журналах, включенных в список ВАК и приравненных к ним (в зарубежных журналах системы Web of Science – 3; в российских изданиях – 3) и 6 статей в сборниках научных трудов по материалам конференций международного и национального уровня.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 170 страницах, включая приложение, содержит 32 рисунка и 20 таблиц. Список цитируемой литературы включает 196 источников, из которых 131 зарубежный.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю к.б.н. Кайгородовой Ирине Александровне за помощь на всех этапах выполнения диссертационной работы и научному консультанту д.б.н. Саловарову Виктору Олеговичу за объективные замечания при подготовке диссертации. Кроме того, автор признателен за помощь в организации экспедиционных работ и сборе образцов Федоровой Елизавете Арефьевне, Сулейманову Александру Юрьевичу и к.с.-х.н. Игликову Орынгали Досперловичу; коллегам из Лимнологического института СО РАН к.б.н. Букину Юрию Сергеевичу за консультации по применению методов многомерной статистики, Сорокиковой Наталье Вениаминовне за ценные советы по работе с ДНК и Мандзяк Надежде Богдановне за помощь в идентификации плоских пиявок.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №14-04-00345 и №17-29-05097.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ИРТЫШ**

В главе дается краткая характеристика физико-географических условий изучаемого района. Освещены гидрологические и гидрохимические особенности бассейна р. Иртыш. Исходя из того, что район исследования относится к территориям с высоким уровнем антропогенного воздействия, приводятся сведения об основных факторах риска и степени загрязненности поверхностных вод на различных участках бассейна (Рис. 1).

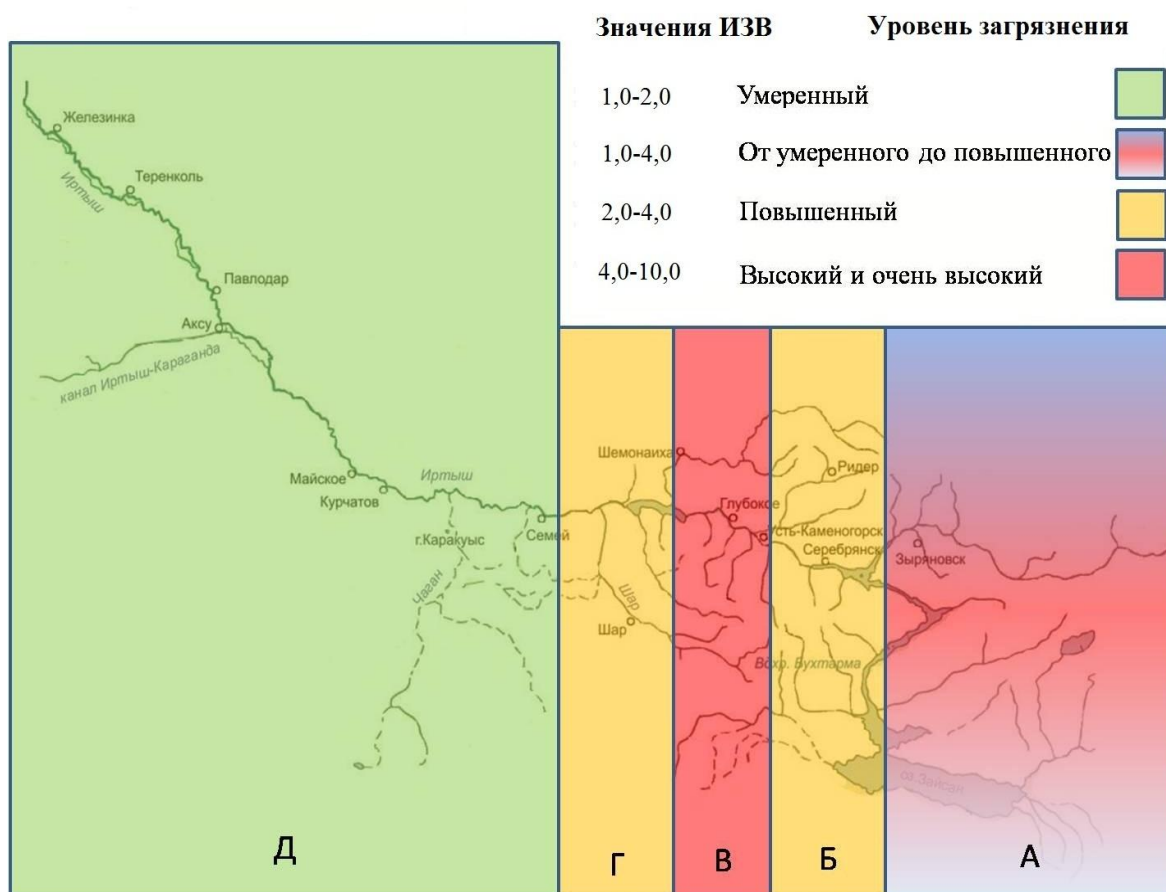


Рис. 1. Эколого-гидрохимические районы бассейна р. Иртыш по степени загрязнения поверхностных вод на основании гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ).

## ГЛАВА 2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе приводится информация о современном состоянии систематики Hirudinea и освещены основные проблемы видовой идентификации видов этой группы. Приводятся краткие сведения об анатомических и физиологических особенностях изучаемой группы организмов. Обобщены данные о роли пиявок в экосистемах пресных вод. Освещена степень изученности пиявок в различных зоогеографических областях. Описаны литературные данные о факторах окружающей среды, оказывающих влияние на гирудотаксоценозы.

Во второй части этой главы резюмируются проблемы сохранения и изучения разнообразия организмов. Изложена изученность вопроса о применении прогрессивных методов молекулярной идентификации, в частности метода ДНК-штрихкодирования. Дана характеристика основных биоинформационных методов, направленных на делимитацию таксонов.

## ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**3.1. Сбор материала.** Биологический материал был собран во время полевых исследований 2014-2015 гг. в прибрежной части водоемов и водотоков, входящих в бассейн реки Иртыш на территории Казахстана (Рис. 2).



Рис. 2. Карта-схема мест отбора проб (цифрами указаны точки отбора проб, географические координаты которых отображены в таблице 3 диссертации).

Отлов пиявок проводился вручную или с помощью гидробиологических сачков в диапазоне глубин 0-1.5 м. Для количественного учёта особей применялась гидробиологическая рамка с площадью захвата 1 м<sup>2</sup>. Собранный материал фиксировался 80%-ным этанолом с предварительной анестезией животных низкопроцентным раствором спирта.

**3.2. Камеральная обработка и морфологический анализ.** Камеральная обработка, включающая в себя изучение биомассы и соотношения биотопических и трофических групп, проводилась по общепринятым методикам (Залозный, Воробьев, 2006).

Анализ морфологических признаков 618 образцов гирудинид проводился с использованием бинокулярного микроскопа МСП-2 (ЛОМО). Видовая принадлежность пиявок определялась в соответствии с существующими систематическими ключами и современной классификацией (Лукин, 1976; Nesemann, Neubert, 1999). Все биологические образцы промаркированы и определены на хранение в коллекцию Лимнологического института СО РАН.

**3.3. Гидрохимические показатели.** Степень загрязнения поверхностных вод в изучаемых водных объектах указана на основании гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ). Кроме того, в полевых условиях одновременно со сбором биологических проб с помощью многопараметрического тестера PCSTestr 35 Series (Oakton, Eutechinstruments) были определены такие показатели воды, как общий уровень минерализации, рН, температура, содержание солей, электропроводность.

**3.4. Статистический анализ.** Для оценки популяционных характеристик гирудофауны рассчитывались индекс встречаемости, индекс плотности Дедю, индекс доминирования Палия-Ковнацки и коэффициент общности Серенсена.

Взаимосвязь между таксономическим составом фауны пиявок и физико-химическими показателями среды обитания определена при помощи методов многомерной статистики. Построение корреляционной матрицы проводилось на основе коэффициента ранговой корреляции Спирмена (Hollander, Wolfe, 1973). Для статистических расчётов и визуализации результатов использовались возможности языка программирования R с применением пакета дополнительных функций «gplots» (Warnes et al., 2015). Для определения факторов, влияющих на видовое разнообразие гирудинид, были использованы Евклидова метрика и программный пакет «Vegan» (Oksanen et al., 2007; Schloss, Handelsman, 2006). Количественные данные видового обилия были проанализированы методом многомерной ординации (неметрическое многомерное масштабирование) с использованием меры различия «gower». Степень влияния числовых абиотических переменных на структурные показатели сообществ пиявок была оценена при помощи коэффициента детерминации и перестановочных тестов (Culver et al., 2011).

**3.5. Молекулярный анализ и делимитация видов на основе молекулярных данных.** Для изучения генетического разнообразия гирудинид в бассейне р. Иртыш был применен метод ДНК-штрихкодирования. В качестве молекулярного маркера использовали стандартный фрагмент митохондриального гена первой субъединицы цитохромоксидазы с (COI). На анализ бралась мышечная ткань каудальной присоски пиявок. Тотальную клеточную ДНК выделяли с использованием буферной смеси на основе цетавлона по модифицированному стандартному методу (Doyle, Doyle, 1987). Состав буфера для экстракции был изменен в сторону увеличения концентрации 2-меркаптоэтанола до 0.5% для лучшей денатурации белков.

Синтез фрагмента гена COI проводили с применением универсальных олигонуклеотидных праймеров (Folmer et al., 1994). Определение первичной структуры ДНК выполнено в НПК «Синтол» (Москва) и ЦКП «Геномика» (Новосибирск). Редактирование автоматически прочитанных нуклеотидных последовательностей осуществлялось в программе BioEdit (Hall, 1999).

Для подбора группы сравнения был использован поиск базового локального сходства (BLAST). Выравнивание набора нуклеотидных последовательностей осуществлялось с помощью ClustalW (Larkin et al., 2007). Параметры всех молекулярно-филогенетических реконструкций основывались на методе максимального правдоподобия. Оптимальная модель эволюции для каждого набора данных определялась с помощью jModelTest v. 0.1 (Posada, 2008). Реконструкция филогенетических деревьев и оценка внутри- и межгрупповых генетических расстояний проводились с использованием программ, входящих в состав пакета MEGA 7.0.21 (Kumar et al., 2016).

## ГЛАВА 4. ВИДОВОЙ СОСТАВ ПИЯВОК В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРТЫШ

**4.1. Морфологическая идентификация видов.** В данном разделе описан таксономический состав и морфолого-экологические характеристики гирудофауны Восточного Казахстана. В соответствии с результатами морфологического анализа в бассейне Иртыша зарегистрировано 16 видов пиявок, относящихся к двум отрядам (*Rhynchobdellida* и *Arhynchobdellida*), пяти семействам (*Glossiphoniidae*, *Piscicolidae*, *Ergobdellidae*, *Haemoridae* и *Praobdellidae*) и девяти родам. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в родах *Ergobdella*, *Glossiphonia* и *Piscicola*. Два вида пресноводных гирудинид *T. tessulatum* и *H. sanguisuga* впервые обнаружены на территории Казахстана. Подтверждено присутствие описываемых ранее на территории Казахстана видов *P. geometra* и *E. octoculata*, *H. marginata*, ареал которых выходит за пределы Бухтарминского водохранилища и охватывает другие водные объекты. В ходе морфологического анализа не подтвердилось присутствие европейского вида *C. fadejewi* (Изюмова, 1977) в бассейне р. Иртыш. Возможно, в Восточный Казахстан этот вид ранее был случайно завезен с интродуцированной рыбой, либо видовая принадлежность этой писциколиды была определена не верно.

**4.2. Филогенетическое разнообразие бесхоботных пиявок.** Используя сгенерированную базу последовательностей, включающую полученные в этой работе нуклеотидные последовательности и гомологичные последовательности пиявок, выбранных из GenBank, в сочетании с дополнительными данными из Восточной и Западной Сибири, была построена матрица молекулярных данных для определения филогенетического разнообразия гирудофауны казахстанского Прииртышья.

В фауне Восточного Казахстана выявлены представители двух семейств *Haemoridae* и *Ergobdellidae*. Анализ COI-последовательностей подотряда *Nirudiniformes* выявил, что нуклеотидные последовательности *H. sanguisuga*, *H. caeca* и *Limnatis* sp. из Восточного Казахстана, образуют на древе единый кластер (Рис. 3), уровень генетического полиморфизма внутри которого составляет 1.11%. Образец, морфологически отнесённый к роду *Limnatis*, имеет общий гаплотип с пиявками *H. sanguisuga*, обитающими в бассейне Иртыша, что свидетельствует о неточности его морфологической идентификации. Ошибка, вероятно, связана со слабой выраженностью таксономически значимых морфологических признаков у неполовозрелого образца. Это обстоятельство ещё раз подтверждает преимущество ДНК-идентификации.

Молекулярно-филогенетический анализ 94 представителей подотряда *Ergobdelliformes*, показал наличие 21 ветви видового уровня (Рис. 3).

Показано, что девять филогенетических линий, соответствующих таксонам *E. octoculata* (3.1±0.4%), *E. monostriata* (2.7±0.3%), *E. vilnensis* (2.5±0.3%), *E. lineata* (3.9±0.8%), *E. mexicana* (9.3±1.1%), *E. ochoterinai* (10.9±1.0%), *E. triannulata* (6.6±1.1%), *E. japonica* (6.0±0.7%), и *E. obscura* (3.0±0.4%) имеют высокий уровень генетического полиморфизма, что согласно

теории ДНК-штрихкодирования может свидетельствовать о генетической неоднородности этих групп.

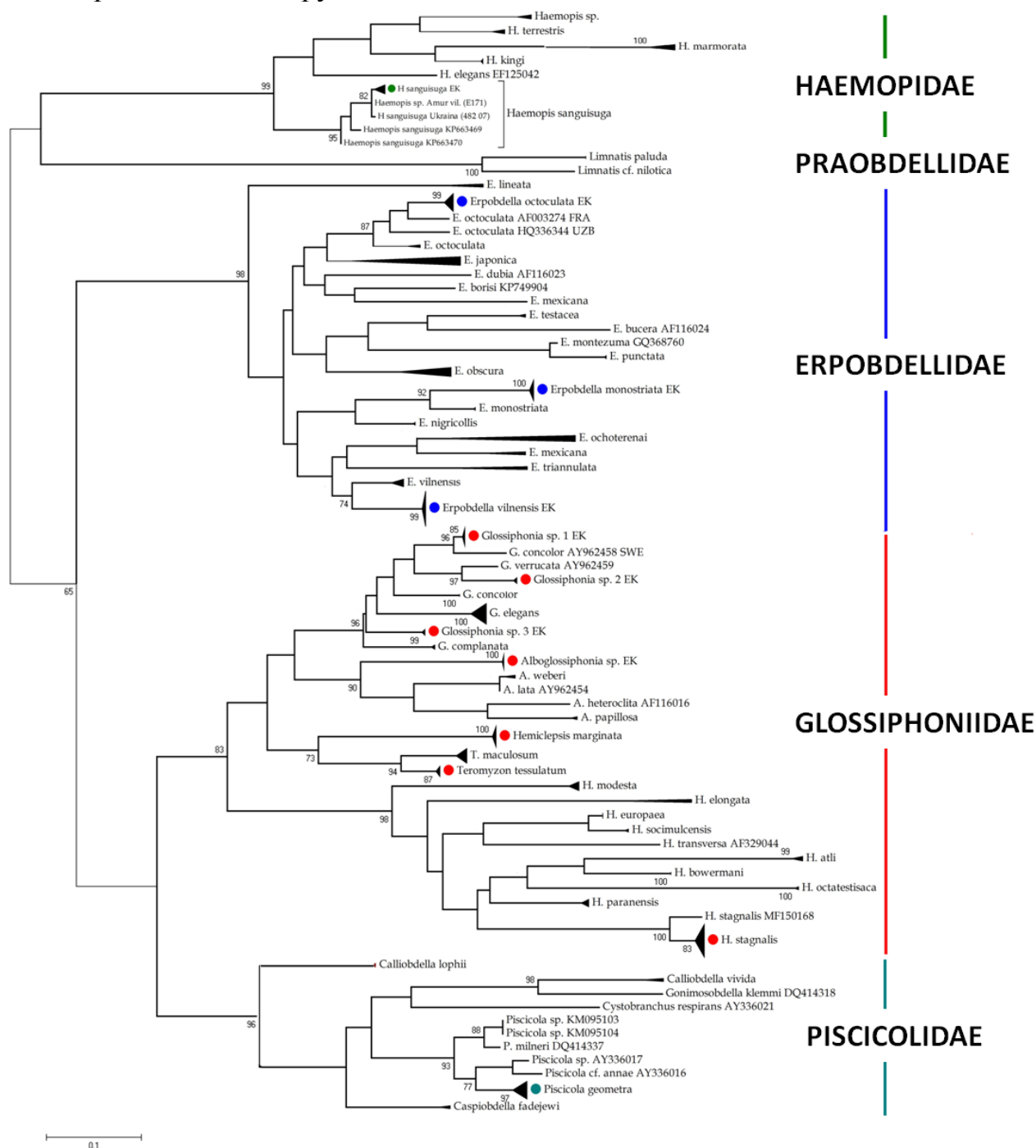


Рис. 3. – COI-филогения пиявок. ML-дерево построено с использованием модели молекулярной эволюции GTR+G. Цифрами обозначены бутстреп поддержки (1000 реплик) основных узлов ветвления. Цветными точками отмечены филогенетические линии восточно-казахстанских пиявок.

В пределах морфологического вида *E. octoculata* выявлено 4 кластера последовательностей (Рис. 3) со значениями генетических дистанций между ними в пределах 6.5-10.1 % нуклеотидных замен. Генетическая вариабельность

в пределах группы казахстанских октокулят составила  $d=0.00789\pm 0.0024$ , что не превышает пороговое значение, принятое в ДНК-штрихкодировании.

COI-последовательности 14 восточно-казахстанских пиявок, морфологически соответствующих диагнозу вида *E. monostriata*, кластеризуются отдельно от европейских представителей, образуя филогенетически однородную группу ( $d=0.0065\pm 0.0031$ ) (Рис. 3) со значительным генетическим расстоянием от европейских сородичей (10.0%). Таким образом, выявлен еще один криптический комплекс, состоящий из двух генетически отдаленных видов.

Нуклеотидные последовательности *E. vilnensis* из Восточного Казахстана с высокой вероятностью (100%) кластеризуются вместе независимо от географического положения водоёма их обитания (Рис. 3). Однако в пределах вида *E. vilnensis* образуется две генетически однородные линии ( $d=0.0122$  и  $d=0.0111$ ) с генетическим расстоянием между ними равным  $7.9\pm 1.2\%$  (Рис. 3), что свидетельствует в пользу независимого таксономического статуса казахстанских образцов.

Приведенные сведения, позволили выявить в семействе Eprobdehlidae девять комплексов криптических видов, что предполагает необходимость проведения углубленной ревизии этих таксонов.

**4.3. Филогенетическое разнообразие хоботных пиявок.** В гирудофауне Восточного Казахстана выявлены представители двух семейств отряда Хоботных пиявок Glossiphoniidae и Piscicolidae. Сем. Piscicolidae – одна из наиболее спорных в таксономическом отношении группа пиявок из-за слабой изученности группы ввиду труднодоступности образцов и сравнительно небольшим количеством последовательностей, представленных в GenBank, что существенно осложняет ДНК-штрихкодирование. Анализ 71 COI-последовательности сем. Piscicolidae, проведенный в этой работе, подтвердил независимый видовой статус 38 из 41 включенных в анализ видов (Рис. 3). Для 14 видов, представленных в GenBank двумя и более последовательностями, генетическая однородность подтверждается низкими значениями внутривидовой вариабельности ( $d\leq 0.01931$ ). Представители фауны рыбных пиявок Восточного Казахстана с высокой вероятностью (100%) кластеризуются вместе, образуя единую филогенетическую ветвь с европейскими представителями широко распространенного в Палеарктике вида *P. geometra* (Рис. 3). Вопреки результатам анализа морфологических признаков, генетический анализ показывает, что все собранные в казахстанском Прииртышье образцы относятся к одному виду, что подтверждается низким уровнем генетического полиморфизма в этой группе ( $d=0.0056$ ). Ненадежность выводов морфологического анализа объясняется высоким уровнем экологической лабильности и в связи с этим широким ареалом вида *P. geometra*, и, как следствие, высокой изменчивостью признаков внешней морфологии. Генетические дистанции относительно групп филогенетически близких к целевой составляют 0.056-0.187, что значительно выше пороговых

значений, принятых в ДНК-штрихкодировании для разграничения видов. Проведенный биоинформационный анализ подтверждает принадлежность казахстанских рыбных пиявок к группе пресноводных писциколид рода *Piscicola* (Рис. 3), таксономическое разнообразие которого совпадает с филогенетическим.

Следует отметить, что обнаруженные нами рыбы пиявки, имеют значительное генетическое расстояние (11.9%) относительно *Caspiobdella fadejewi*, обитание которого согласно литературным данным предполагалось в Бухтарминском водохранилище.

Сем. Glossiphoniidae отличается высоким разнообразием морфологических форм. В связи с большим объемом молекулярных данных анализ филогенетического разнообразия рассматривается ниже отдельно для каждого рода.

Род *Alboglossiphonia*. Для определения таксономического статуса рода *Alboglossiphonia* было получено девять нуклеотидных последовательностей с различных водоемов бассейна р. Иртыш. Согласно филогенетическому дереву, обитающие в Иртыше представители этого рода, имеют незначительную внутривидовую изменчивость ( $d=0.003\pm 0.001$ ) и кластеризуются в отдельную ветвь (Рис. 3), несмотря на определенное морфологическое сходство с *A. heteroclita*. Более того эти два вида имеют значительно генетическое расстояние друг от друга ( $13.6\pm 0.016\%$ ). С другими представителями рода данный показатель также значительно превышает 2%-ный порог и составляет с *A. weberi* –  $13.4\pm 0.015\%$ , *A. lata* –  $17.2\pm 0.017\%$ , *A. quadrata* –  $18.9\pm 0.019\%$ , что согласуется с данными морфологического анализа и подтверждает таксономическую независимость обитающей в бассейне Иртыша *Alboglossiphonia* sp., являющейся, по-видимому, новым для науки видом.

Род *Helobdella*. Для определения генетического разнообразия этого рода получено 92 последовательности, в том числе 11 нуклеотидных последовательностей пиявок из водоемов бассейна р. Иртыш. Нуклеотидные последовательности *H. stagnalis* из Восточного Казахстана с высокой вероятностью (100%) кластеризуются вместе независимо от географического положения водоема их обитания (Рис. 3). В пределах морфологического вида *H. stagnalis* выявлено два основных кластера. Первый кластер составляют две последовательности из Северной Америки (KM612173, MF067147). Второй кластер наиболее многочисленный и включает в себя восемь европейских последовательностей (H259, MF150168, AF116018, AF329041, MF150165, MF150166, MF150167, KM095095), пять из Восточной Сибири (828, F2, H108, H115, H121) и 11 образцов из Казахстана. Генетический полиморфизм этой ветви составляет 1.4%, что говорит об их принадлежности одному виду, тогда как между кластерами — 10.8%.

Род *Glossiphonia*. Получены COI-последовательности 20 представителей рода из водоемов Восточного Казахстана, отнесенных к трем морфотипам: 12 последовательностей *Glossiphonia* sp. 1, четыре последовательности

*Glossiphonia* sp. 2 и четыре последовательности *Glossiphonia* sp. 3. Биоинформационный анализ 57 последовательностей, включая впервые исследованные образцы и гомологичные последовательности близкородственных видов, используемые в качестве группы сравнения, выявил 10 филогенетических линий в пределах рода (Рис. 3), генетическая дистанция девяти из них находится в пределах  $0.2-1.6\pm 0.3\%$ . Исключение составляет *G. concolor*, уровень генетической изменчивости которого превышает пороговый показатель и составляет  $6.7\pm 1.2\%$ . Анализ трех иртышских представителей рода *Glossiphonia* показал, что их внутривидовые дистанции находятся в пределах  $0.2-0.3\pm 0.1\%$ . Генетические расстояния, отделяющие их от других представителей рода, варьируют в диапазоне 4.4-13.3%. Полученные данные позволили подтвердить видовой статус казахстанских образцов.

Рода *Hemiclepsis* и *Theromyzon*. Обитающие в Казахстане пиявки вида *H. marginata* образуют единую филогенетическую ветвь с одноименными представителями группы сравнения (Рис. 3). Их таксономическое единство подтверждается низким уровнем генетического полиморфизма внутри группы  $d=0.001\pm 0.001$ .

Сложнее обстоят дела с разграничением видов птичьих пиявок. Несмотря на различия видовых названий (*T. bifarium*, *T. pallens*, *T. rude* и *T. tessulatum*), генетически они оказались очень близки (дистанции 0.2-1.0%) и, вероятнее всего, принадлежат одному виду – *T. tessulatum*. От *T. maculosum*, наиболее близкого вида, их отделяют 6.3-6.8% нуклеотидных замен.

В результате морфолого-молекулярной делимитации было подтверждено присутствие в современной фауне бассейна р. Иртыш 12 видов пиявок, относящихся к двум отрядам, четырём семействам и восьми родам. Среди казахстанских пиявок наиболее высоким таксономическим и филогенетическим разнообразием отличается сем. Glossiphoniidae, насчитывающее пять родов и семь видов. Семейство Eprobdehlidae, включающее в себя свободноживущих макрофаговых пиявок, представлено тремя видами. По одному виду рыбьих (Piscicolidae) и челюстных пиявок (Haemoridae) обнаружено в фауне пресных водоемов Восточного Казахстана. В целом, девять видов впервые обнаружены в этом регионе, что составляет 75% от фауны рассматриваемой территории. Семь видов являются потенциально новыми для науки. Представленность мировой гирудофауны в бассейне р. Иртыш составляет 1,63%.

## **ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПИЯВОК**

### **5.1. Пространственное распределение различных видов пиявок.**

Гирудинида бассейна р. Иртыш обитают в водах со свойственными их жизнедеятельности благоприятными условиями, что, так или иначе, отражается на частоте их встречаемости, плотности, биомассе и других популяционных показателях.

Согласно полученному индексу частоты встречаемости, наиболее типичным представителем фауны бассейна р. Иртыш является вид *H. stagnalis*, который выявлен в 70% проб. В половине исследуемых водоемов и водотоков встречаются *Erpobdella* sp. 1 и *Erpobdella* sp. 3. Несколько ниже показатель встречаемости (40%) у *H. marginata*, *Alboglossiphonia* sp., *Erpobdella*. К редко встречаемым видам можно отнести *T. tessulatum*, *Glossiphonia* sp. 2. и *H. sanguisuga*. Следует отметить, что паразитические виды пиявок по сравнению с макрофаговыми имеют характерную специфику распределения в достаточно ограниченном ареале. Вероятнее всего на характер их распределения немаловажное влияние оказывает наличие кормовых объектов.

К доминантным видам гирудофауны бассейна р. Иртыш относятся *Hellobdella stagnalis* ( $D_i = 19.1$ ), *Erpobdella* sp. 2 ( $D_i = 10.9$ ) и *Erpobdella* sp. 3 ( $D_i = 10.1$ ). К субдоминантным видам относятся *Erpobdella* sp. 1 ( $D_i = 5.5$ ), *Glossiphonia* sp. 1 ( $D_i = 4.9$ ), *Alboglossiphonia* sp. ( $D_i = 3.4$ ), *H. marginata* ( $D_i = 3.0$ ), что согласуется с показателем частоты встречаемости (Табл. 1).

Таблица 1. Структура сообществ гирудинид

Название вида	Индекс доминирования ( $D_i$ )							
	р. Иртыш	Равнинная река	Горная река	Протока	Старица	Озеро	Водохранилище	Во всех пробах
<i>Theromyzon tessulatum</i>	-	-	-	-	-	-	2	0.29
<i>Hemiclepsis marginata</i>	3.6	10	-	3.6	2.4	-	3.3	3.0
<i>Glossiphonia</i> sp.1	<b>18.6</b>	-	-	<b>52.7</b>	<b>13.5</b>	0.25	-	4.9
<i>Glossiphonia</i> sp. 2	1.8	-	-	-	-	-	-	0.3
<i>Glossiphonia</i> sp. 3	1.8	-	-	3.6	0.3	-	-	0.6
<i>Alboglossiphonia</i> sp.	3.9	-	-	1.8	0.3	1.0	<b>16.9</b>	3.4
<i>Hellobdella stagnalis</i>	9.1	<b>40</b>	-	3.6	<b>36.0</b>	<b>18.2</b>	<b>28.3</b>	<b>19.1</b>
<i>Piscicola geometra</i>	-	-	-	-	-	-	7.6	1.1
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	-	-	-	-	3.0	0.3	-	0.5
<i>Erpobdella</i> sp. 1	<b>22.7</b>	-	-	<b>20.0</b>	<b>10.8</b>	0.5	2.3	5.5
<i>Erpobdella</i> sp. 2	4.6	10	-	9.1	<b>19.8</b>	<b>38.6</b>	1.1	<b>10.9</b>
<i>Erpobdella</i> sp. 3	0.9	10	20	5.5	-	<b>13.6</b>	<b>24.4</b>	<b>10.1</b>
Общее число видов пиявок	9	4	1	8	8	8	8	12
Индекс плотности населения	5.93	0	0	5.0	5.94	5.40	8.47	6.2
Доля паразитических видов (%)	57.0	60.0	-	65.5	55.0	27.3	68.9	56.0
Доля макрофаговых видов (%)	43.0	40.0	100.0	34.5	45.0	72.7	31.1	44.0

Наибольшая биомасса наблюдается у глоточных пиявок *H. sanguisuga*, однако численность этого вида не высока. Чего не скажешь об улитковых пиявках *H. stagnalis* и *Alboglossiphonia* sp., которые в некоторых местах

чрезвычайно многочисленны, но в силу небольшого размера не оказывают влияния на показатель биомассы. Учитывая такие особенности сообществ пиявок, был рассчитан индекс плотности населения (Табл. 1). Исходя из полученных значений, можно отметить, что наименьший показатель наблюдается в горных и равнинных реках (0.0), а наибольшая плотность обнаружена в водах Шульбинского и Бухтарминского водохранилищ (8.47). В остальных экосистемах данный показатель находится на среднем уровне, в пределах 5.0-5.94.

Доля паразитических пиявок в фауне Восточного Казахстана составила 56%, а свободно живущих хищных (макрофаговых) пиявок – 44% (Табл. 1). В норме количественное соотношение паразитических и не паразитических видов должно быть приблизительно равным. Данная ситуация с небольшими отклонениями наблюдается в р. Иртыш и старицах. Значительное преобладание паразитических видов отмечено в водохранилищах, равнинных реках и протоках. Преобладание макрофаговых пиявок выявлено в горных реках и озерах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что экосистема бассейна реки Иртыш благоприятна для представителей как паразитических форм, так и непаразитических пиявок и во многом определяется типом водной среды.

Тип водной среды рассматривается как один из основных факторов, влияющих на видовое и численное обилие пиявок и характер их распределения. Выявленные закономерности состава и структуры гирудофауны показали, что в различных экосистемах имеются свои характерные особенности. Во всех стоячих водоемах доминируют виды *H. stagnalis* и *Erpobdella* sp. 2. Доминирующими видами в проточных водотоках являются *Glossiphonia* sp. 1, *Erpobdella* sp. 1. Структура сообщества пиявок в водохранилищах достаточно специфична, среди доминирующих видов отмечены как улитковые пиявки *H. stagnalis*, *Alboglossiphonia* sp., так и макрофаговая пиявка *Erpobdella* sp. 3.

Отмечено, что видовое разнообразие пиявок увеличивается с востока на запад, несмотря на то, что восточная часть бассейна р. Иртыш более богата притоками. Логично предположить, что основное русло р. Иртыш пополняется пиявками за счет боковой приточности рек и водохранилищ, однако данное утверждение не нашло подтверждения. Для определения возможных миграций пресноводных пиявок и соотнесения различных типов водных сред, нами был рассчитан коэффициент общности видового состава Серенсена. По результатам полученных показателей, наибольшая общность гирудофауны наблюдается в основном русле р. Иртыш и протоках (16), а также между старицей и протокой (7.0), между протокой и основным руслом р. Иртыш этот показатель несколько меньше (4.7). В связи с полученными данными, можно сделать вывод, что каждый тип водных экосистем имеет свое ядро специфических видов. При этом, основное русло р. Иртыш благодаря большой протяженности и пересечению им различных природных зон характеризуется разнообразным гидрологическим режимом и состоит из взаимосвязанного комплекса: река –

протока – озеро – старица, где происходит взаимное пополнение видов благодаря сезонным гидрологическим явлениям.

**5.2. Влияние факторов окружающей среды на гирудофауну.** В ходе исследования нами проанализирована возможность использования пресноводных пиявок в целях биологической оценки качества водной среды в бассейне р. Иртыш, посредством изучения взаимоотношения организмов и окружающей среды, а также степени влияния на них экологического стресса. В каждой пробе было учтено пять структурных показателей сообществ пиявок: численность, биомасса, индекс плотности населения, общее количество видов пиявок, количество непаразитических и паразитических пиявок. Для каждого водного объекта была определена степень загрязнения (Рис. 1) и проведены измерения пяти показателей: температура воды, рН, общий уровень минерализации, содержание солей и электропроводность.

Полученные данные были проанализированы методом многомерного шкалирования. Степень влияния числовых абиотических переменных на формирование видового разнообразия и численность пиявок оценена при помощи коэффициента детерминации (далее  $R^2$ ) и перестановочных тестов. Следует отметить, что перестановочный тест необходим для оценки статистической достоверности значения коэффициента детерминации, чем ближе значение  $R^2$  к числу 1, тем более выражено влияние параметра окружающей среды на сообщество гирудинид. При этом, воздействие фактора считается достоверными при значении ( $p < 0.05$ ).

Исходя из полученных результатов, данным критериям соответствовали два фактора: уровень загрязнения и тип водной среды. Вместе с тем, значение коэффициента детерминации для фактора загрязнения ( $R^2=0.255$ ) в 2.35 раза меньше чем для фактора региона отбора проб ( $R^2=0.6$ ). Это говорит о том, что тип водной среды, оказывает влияние на гирудофауну в большей степени. Для того, что определить на какие показатели сообществ оказывают воздействие уровень загрязнения и тип водной среды, был применен критерий Фишера.

Результаты многомерного шкалирования полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа показали, что достоверно в зависимости от вышеназванных факторов находятся показатели видового разнообразия, общая численность и количество паразитических пиявок. Полученные результаты были визуализированы в виде диаграммы рассеяния (Рис. 5). Как видно, изолинии уровня загрязнения образуют замкнутые, близкие к окружностям кривые, демонстрирующие убывание уровня загрязнения по мере удаления от начала координат. В центре диаграммы рассеяния в области высоких уровней загрязнения расположены точки с минимальным уровнем видового разнообразия пиявок (пробы 2, 9, 10, 11, 14), на периферии диаграммы в областях с минимальными уровнями загрязнения – пробы, в которых встречалось максимальное количество видов с высокими показателями разнообразия и численности.

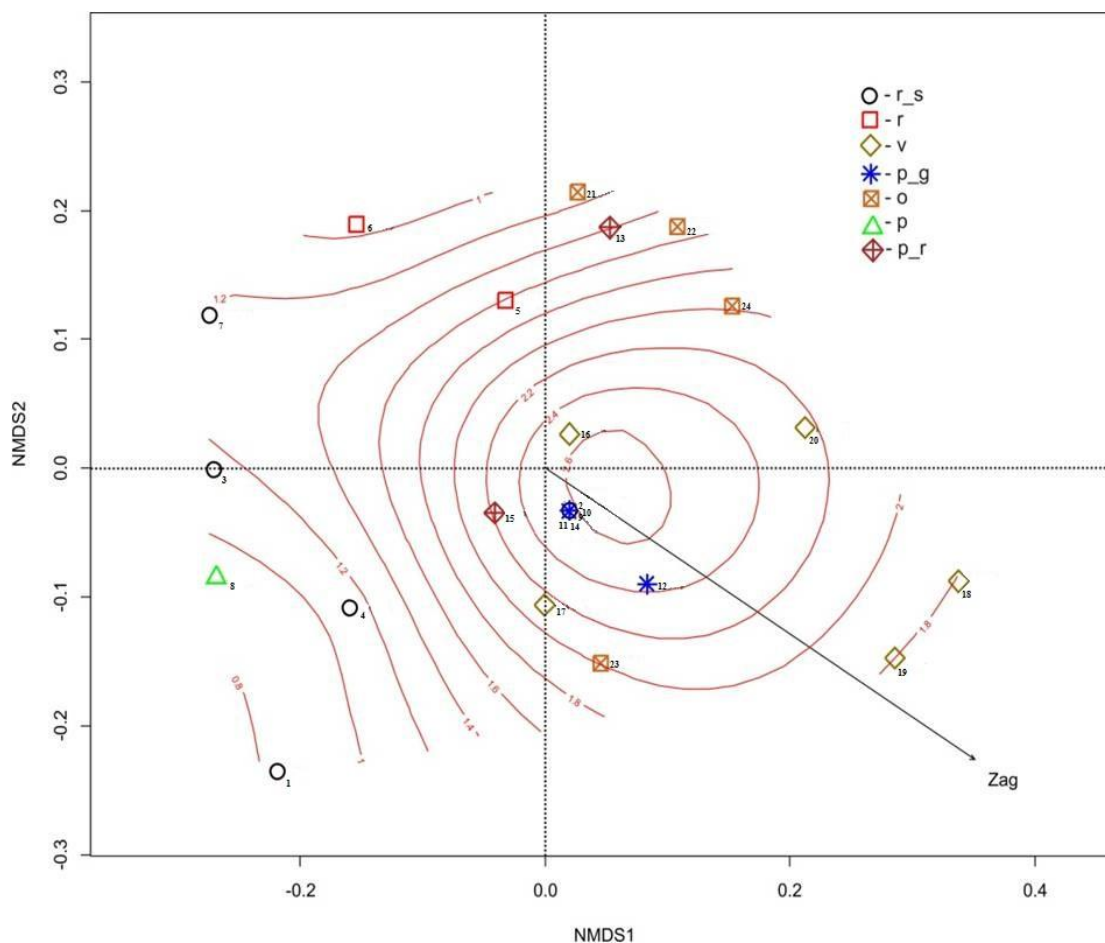


Рис. 4. Диаграмма рассеяния точек сбора материала в пространстве двух координат по результатам неметрического многомерного шкалирования, проведенного по сходству видового состава сообщества пиявок. (Стрелкой показан вектор увеличения уровня загрязнения как фактора, достоверно влияющего на состав сообщества пиявок. Изолинии отображают распределение уровня загрязненности в исследуемых пробах. Различными типами геометрических фигур выделена принадлежность точек сбора к определенным типам водных сред).

На участках бассейна реки Иртыш, подвергающихся наиболее сильному антропогенному воздействию (Рис. 1), наблюдается обеднение видового состава снижение численности и показателя биомассы по сравнению с таковыми на относительно чистых участках реки. В водных экосистемах с высоким уровнем загрязнения воды, встречаются одиночные особи, вероятно наиболее устойчивые к воздействию различных загрязняющих веществ. К ним можно отнести *Erpobdella* sp. 3, *H. stagnalis*, *Erpobdella* sp. 2. При этом количество видов варьирует от 0 до 3, в водоемах и водотоках с повышенным уровнем загрязнения этот показатель находится в пределах от 2 до 6 видов. Наиболее высоких показателей видового разнообразия достигается в водах с умеренным уровнем загрязнения от 1 до 8 видов. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что увеличение уровня загрязнения приводит к обеднению состава сообщества пиявок в исследуемых регионах отбора проб.

Для определения специфики влияния внешних факторов на гиродофауну пиявок и определения характера их взаимосвязи был проведен корреляционный

анализ. Показатели видового разнообразия, численности и количества паразитических пиявок находятся в зависимости от типа водной среды, при этом значение коэффициента находится в диапазоне от 0.71 до 0.94. В большей степени данный показатель оказывает влияние на количество видов и количество паразитических пиявок и в меньшей степени на общую численность пиявок.

Результаты корреляционного анализа количественных показателей гирудофауны с факторами окружающей среды (Рис. 5) показывают, что все показатели гирудоценозов (видовое разнообразие, численность, биомасса, количество макрофаговых и паразитических пиявок) тесно связаны с уровнем загрязнения в водоемах (значение коэффициента линейной корреляции -0.7).

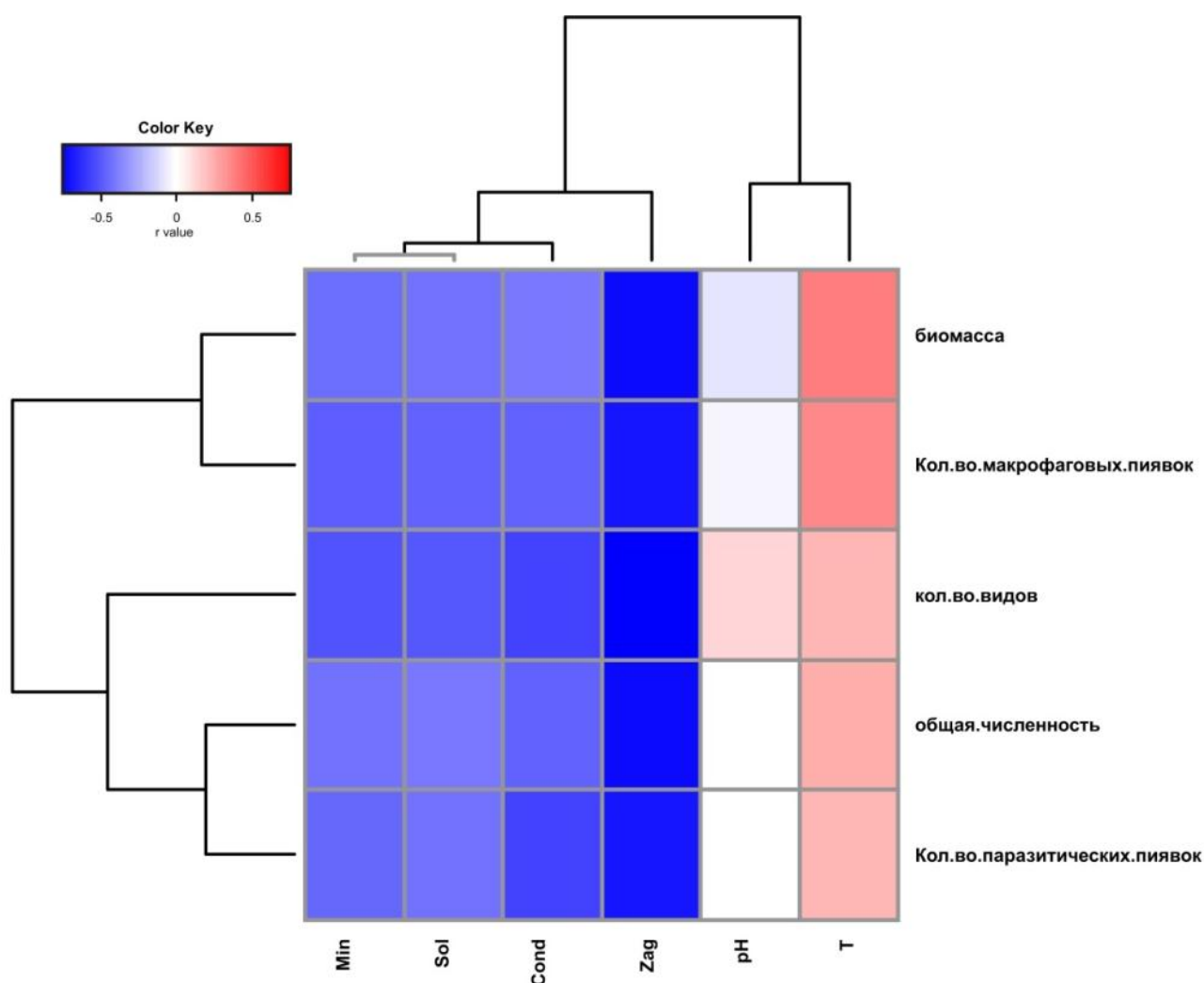


Рис. 5. Тепловая карта, корреляционных взаимосвязей между различными количественными показателями, характеризующими сообщество пиявок и количественными абиотическими факторами окружающей среды.

Таким образом, увеличение уровня загрязнения приводит к уменьшению оцениваемых структурных показателей гирудоценозов. Результаты корреляционного анализа согласуются с результатами многомерного

шкалирования. Отмечена положительная корреляция (0.22 - 0.37) всех показателей сообществ пиявок с температурой, при этом наибольшая взаимосвязь температуры с биомассой ( $r=0.37$ ) и количеством макрофаговых пиявок ( $r=0.36$ ). Влияние показателя кислотности pH на разнообразие отсутствовало (значение коэффициента корреляции близко к 0). Увеличение других показателей, такие как соленость, электропроводность, минерализация отрицательно сказывалось на всех популяционных показателях (значение коэффициента корреляции от -0.55 до -0.39). Косвенное отрицательное влияние увеличение солености, электропроводности, минерализации может объясняться тем, что эти показатели, как правило, возрастают при увеличении уровня загрязнения.

В результате проведенного статистического анализа было определено действие различных физико-химических показателей на структуру сообщества пиявок и определено достоверное влияние степени загрязнения среды обитания на гирудофауну бассейна реки Иртыш. Исходя из полученных данных, можно заключить, что увеличение уровня загрязнения приводит к обеднению состава сообщества пиявок в регионе. Следовательно, оценка видового богатства гирудофауны может быть успешно использована в качестве косвенного индикатора уровня загрязнения пресных водоемов Восточного Казахстана.

### Выводы

1. На основе оригинальных молекулярных данных и морфологического исследования определено видовое разнообразие гирудофауны бассейна р. Иртыш, включающее 12 видов пиявок, семь из них являются потенциально новыми для науки (*Alboglossiphonia* sp., три *Glossiphonia* sp. и три *Erpobdella* sp.). *Theromyzon tessulatum* и *Haemopis sanguisuga* указываются впервые для Восточного Казахстана. Следовательно, видовой состав фауны исследуемой территории увеличен на 75%. Представленность мировой гирудофауны в бассейне р. Иртыш составляет 1.63%.

2. Определена структура гирудотаксоценозов водоемов бассейна Иртыша. Показано, что доминирующими видами практически во всех типах водных сред являются *Hellobdella stagnalis* ( $D_i = 19.1$ ), *Erpobdella* sp. 2 ( $D_i = 10.9$ ) и *Erpobdella* sp. 3 ( $D_i = 10.1$ ). К субдоминантным видам относятся *E. octoculata* ( $D_i = 5.5$ ), *Glossiphonia* sp. 1 ( $D_i = 4.9$ ), *Alboglossiphonia* sp. ( $D_i = 3.4$ ), и *H. marginata* ( $D_i = 3.0$ ). Массовое развитие пиявок *Glossiphonia* sp. 1 наблюдалось в протоке Иртыша ( $D_i = 52.7$ ).

3. Показатели видового разнообразия и общей численности пиявок находятся в прямой зависимости от типа водной среды и уровня загрязнения. Коэффициент детерминации для фактора загрязнения составил 0.255, а для типа водной среды 0.6, что свидетельствует о том, что тип водной среды оказывает влияние на гирудофауну в большей степени.

4. Структурные показатели сообщества гирудинид имеют отрицательную корреляцию с физико-химическими показателями водной

среды: соленостью, электропроводностью, минерализацией (значение коэффициента корреляции от -0.55 до -0.39) и положительную корреляцию с температурой воды (значение коэффициента корреляции от 0.22 до 0.37).

5. Определение структурных показателей сообществ пиявок позволяет охарактеризовать состояние экосистемы и отображает степень загрязненности поверхностных вод. С повышением уровня загрязнения происходит перераспределение доминирующих видов пиявок и снижение видового разнообразия и численности. В водоемах с повышенным уровнем загрязнения встречаются одиночные особи устойчивые к воздействию различных загрязняющих веществ. К ним можно отнести *H. stagnalis*, *Erpobdella* sp. 2 и *Erpobdella* sp. 3. В водных экосистемах с высоким уровнем загрязнения пиявки не обитают.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК*

**Федорова Л.И.** Сравнительный анализ гирудофауны водохранилищ Верхне-Иртышского каскада (Восточный Казахстан) / И.А. Кайгородова, Л.И. Федорова, Ю.С. Букин // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2015. – Т. 14. – С. 57-64.

**Федорова Л.И.** Эколого-фаунистические особенности гирудофауны Бухтарминского водохранилища (Восточный Казахстана) / Л.И. Федорова, И.А. Кайгородова, Ю.С. Букин // Экология. – 2017. – № 2. – С. 126-133.

**Федорова Л.И.** Применение биоинформационных методов для определения границ видов пиявок рода *Erpobdella* / А.В. Болбат, И.А. Кайгородова, Ю.С. Букин, Л.И. Федорова, Н.В. Сороковикова // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2017. – Т. 20. – С. 3-13.

*Научные статьи в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science*

**Fedorova L.I.** The present state of the leech fauna (Annelida, Hirudinea) in the Upper Irtysh cascade of water reservoirs / L.I. Fedoova, I.A. Kaygorodova // ZooKeys. – 2016. – Vol. 596. – P. 1-12.

**Fedorova L.I.** The first date on species diversity of leeches (Hirudinea) in Irtysh river basin (East Kazakhstan) / I.A. Kaygorodova, L.I. Fedorova // Zootaxa. – 2016. – Vol. 4144 (2). – 287-290.

**Fedorova L.I.** Ecological and faunistic characteristics of the leech fauna in the Bukhtarma Reservoir, Eastern Kazakhstan / L.I. Fedorova, I.A. Kaygorodova, Yu.S. Bukin // Russian Journal of Ecology. – 2017. – N. 2. – P. 126-133.

*Материалы и тезисы конференций*

**Федорова Л.И.** Первые сведения о видовом разнообразии пиявок (Hirudinea) в бассейне реки Иртыш (Восточный Казахстан) / Л.И. Федорова, И.А.

Кайгородова // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Современные вопросы экологического мониторинга водных и наземных экосистем». – г. Ростов-на-Дону. – 2015. – С. 295-299.

**Федорова Л.И.** Молекулярная идентификация сибирских макрофаговых пиявок семейства Erpobdellidae (Hirudinea) / Л.И. Федорова, Н.В. Сороковикова, И.А. Кайгородова // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Водные ресурсы изучение и управление». – г. Петрозаводск. – 2016. – С. 77-84.

**Федорова Л.И.** Особенности гирудофауны горных районов Восточно-Казахстанской области / Л.И. Федорова, И.А. Кайгородова // Материалы IV международной конференции «Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее». – г. Горно-Алтайск. – 2016. – С. 177-180.

**Федорова Л.И.** Экологический анализ и структура реофильной фауны пиявок бассейна Верхнего Иртыша / Л.И. Федорова, И.А. Кайгородова // Материалы всероссийской конференции с международным участием «Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования». – г. Томск. – 2016. – С.122-124.

**Федорова Л.И.,** Букин Ю.С., Кайгородова И.А. Возможность использования пиявок в качестве биоиндикатора загрязнения пресных вод, на примере бассейна реки Иртыш / Федорова Л.И., Букин Ю.С., Кайгородова И.А. // Материалы IV Всероссийской научной конференции «Биологические ресурсы: изучение, использование, охрана. – г. Вологда, 2018.

**Федорова Л.И.,** Сороковикова Н.В., Кайгородова И.А. Молекулярная идентификация челюстных пиявок (Hirudiniformes, Hirudinea) / Федорова Л.И., Сороковикова Н.В., Кайгородова И.А. // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Социально-экологические проблемы байкальского региона и сопредельных территорий». – г. Иркутск, 2018.

---

ФЕДОРОВА Людмила Ивановна

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ГИРУДОФАУНЫ БАССЕЙНА РЕКИ ИРТЫШ (КАЗАХСТАН)

Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Подписано к печати 18.10.2018 г.  
Формат 60×84/16. Объем 1,4 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 832.  
Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.  
664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.

