



УДК 575.174.015.3; 576.895.122

Взаимосвязь генетических и паразитологических характеристик популяций карповых рыб Обь-Иртышского бассейна

О. Н. Жигилева, И. С. Броль, В. В. Пожидаев, Д. В. Зеновкина

Тюменский государственный университет, Тюмень
E-mail: zhigileva@mail.ru

Аннотация. Изучена взаимосвязь зараженности трематодами с генетическими параметрами популяций трех видов сибирских карповых рыб. Выявлена положительная корреляция между интенсивностью заражения трематодами и уровнем индивидуальной полилокусной аллозимной гетерозиготности рыб. Данные о дифференциальной зараженности обладателей разных генотипов полиморфных локусов и коэффициенты корреляции между частотами аллелей и показателями зараженности свидетельствуют о пространственной сопряженности генетической структуры популяций рыб с устойчивостью к трематодной инвазии.

Ключевые слова: карповые рыбы, Обь-Иртышский бассейн, генетическая структура популяций, аллозимы, гетерозиготность, трематоды, зараженность.

Введение

Роль паразитов в поддержании биологического разнообразия и устойчивости экосистем рассматривается как неоднозначная. С одной стороны, они составляют часть биологического разнообразия и играют важную роль регулирующего механизма, с другой – при срыве регуляторных механизмов и превышении паразитарной нагрузки способны причинить значительный ущерб популяциям хозяев. В связи с этим интерес представляет изучение взаимосвязи показателей биологического разнообразия и паразитарной зараженности с целью поиска наиболее оптимального их соотношения.

Крупнейший очаг описторхоза, существующий в Обь-Иртышском бассейне, заслуживает внимания не только как медико-социальная проблема, но и является прекрасной моделью для изучения популяционно-генетических взаимоотношений в системах «паразит – хозяин». Карповые рыбы, отловленные в разных участках бассейна, имеют разные уровни зараженности трематодами. Показатели экстенсивности инвазии и индексы обилия личинок трематод могут различаться в разных популяциях рыб на порядок. Внутри популяций практически всегда можно выявить группировки не инвазированных, слабо- и гиперинвазированных рыб. Восприимчивость к инвазии является генетически обусловленной характеристикой. В связи с этим целью исследований явилось изучение взаимосвязи заражен-

ности трематодами с генетическими параметрами популяций карповых рыб. В число задач входили анализ пространственной сопряженности популяционно-генетической структуры хозяина с показателями инвазированности и поиск генетических маркеров паразито-резистентности. Решение этих вопросов позволило бы прогнозировать изменение напряженности паразитологической ситуации по актуальным трематодозам при изменении генетической структуры популяций рыб, подвергающихся интенсивному промышленному давлению.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 3 вида рыб: язь *Leuciscus idus* Linnaeus, 1758, плотва *Rutilus rutilus lacustris* Pallas, 1811 и елец *Leuciscus leuciscus baikalensis* Dybowski, 1874 (Cypriniformes: Cyprinidae), отловленных в 6 реках Обь-Иртышского бассейна: Северная Сосьва, Обь, Большой Салым, Иртыш, Конда и Тобол. Забор материала производился в ходе контрольных отловов, осуществляемых на базе филиалов ГУ «Нижнеобьрыбводхоз» в ноябре – январе 2008–2009 гг. Всего изучены 11 выборок язя (272 особи), 10 выборок сибирской плотвы (278 особей) и 4 выборки ельца (70 особей). Гельминтологические исследования рыб проводили согласно рекомендациям Быховской-Павловской [5] и Звягиной [8]. Для видовой идентификации гельминтов пользовались определителями и специальными работами [12; 13]. Рассчитывали показатели заражен-

ности: экстенсивность инвазии (ЭИ), интенсивность инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО).

Уровень генетического разнообразия популяций рыб оценивали по изоферментным маркерам. Белки скелетных мышц экстрагировали стандартным способом с использованием трис-НСI буфера (рН 8,0). Для разделения белков использовали метод вертикального электрофореза в 7,5 % полиакриламидном геле [11] и горизонтального электрофореза в 13%-ном крахмальном геле. Вертикальный электрофорез проводили в камере «Helicon» при силе тока 80 мА, напряжении 200 В в течение 2,5 часов, горизонтальный – при силе тока 75 мА, напряжении 180 В в течение 4,5 часов. Гистохимическое выявление белков проводили в соответствии с рекомендациями [6; 22]. Всего изучены 18 локусов, кодирующих 6 белковых систем (*LDH*, *MDH*, *AAT*, *SOD*, неспецифические эстеразы и миогены).

По результатам электрофоретических исследований с использованием программы Pop-Gen32 рассчитывали стандартные популяционно-генетические характеристики рыб: частоты аллелей, показатели средней наблюдаемой (*Hobs*) и ожидаемой гетерозиготности (*Hexp*), доли полиморфных локусов (*P*). Статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерных программ Excel, STATISTICA версии 6.0 [24]. Для оценки взаимосвязи показателей видового и генетического разнообразия использовали коэффициент корреляции (*r*) и ранговой корреляции Спирмена (*r_s*) [10].

Результаты и обсуждение

У карповых рыб Обь-Иртышского бассейна на первом месте по частоте встречаемости и обилию стоит *Opisthorchis felineus*. Язь инвазирован личинками описторхисов на 73–100 % с показателями обилия до 16 личинок на 1 см² поверхности спинных мышц. Также высоки показатели экстенсивности инвазии язя метацеркариями *Metorchis bilis*, но личинки этого вида встречаются в значительно меньшем количестве. Метацеркарии трематод *Ichthyocotylurus sp.* встречаются во внутренних органах язей, преимущественно на сердце, с частотой 9–54 %. В разных местах отлова рыб зараженность значительно варьирует. Елец заражается теми же видами трематод, что и язь, но показатели инвазии меньше. Зараженность плотвы описторхидами намного меньше. Метацеркарии *O. felineus* и *M. bilis* в значительном количестве найдены только у плотвы, обитающей в

р. Обь в районе г. Нефтеюганска. Здесь показатель экстенсивности инвазии достигает 47 %, но обилие на два порядка ниже. Доля прочих видов трематод (*Paracoenogonimus ovatus*, *Rhytidocotyle campanula*, *Cotylurus platycephalus*, *Metorchis xanthosomus*) в общей структуре инвазированности карповых рыб незначительна.

С целью выяснения генетических особенностей рыб, неравнозначных в отношении трематодной инвазии, мы сравнили распределения частот аллелей шести полиморфных изоферментных локусов среди зараженных и незараженных личинками трематод особей в пяти выборках плотвы, четырех – ельца и девяти – язя. Для плотвы использовали данные о суммарной зараженности всеми видами трематод, для ельца и язя, которые имеют 100 %-ную зараженность описторхидами, учитывали только зараженность ихтиокотилурусами.

С учетом специфики генетической структуры популяций рыб, отловленных в разных пунктах, картина оказалась различной (рис. 1–3).

Однако возможно выявить некоторые общие черты. Так, частоты аллелей зараженных и не зараженных групп плотвы по мало изменчивым локусам *EST-1**, *SOD-1** и *MDH-2** не различались ни в одной из изученных популяций, в то же время по высоко изменчивому локусу неспецифических эстераз такие различия наблюдались практически во всех популяциях. По локусу *MDH-1** частота аллеля *MDH-1*100* была выше у неинвазированных рыб в трех из пяти изученных выборок и не отличалась в двух других. По локусу неспецифических эстераз *EST-2** изменения частот аллелей в группах инвазированной и не инвазированной плотвы носили разнонаправленный характер в выборках из разных рек и пунктов в пределах одной реки. В Кондинском, Болчары (р. Конда) и Лямпино (р. Бол. Салым) частота аллеля *EST-2*100* была выше в группе зараженных рыб, в Нефтеюганске (р. Обь) и Междуреченске (р. Конда) – в группе незараженных. По локусу *EST-3** в четырех из пяти популяций плотвы частота аллеля *EST-3*92* была больше среди незараженных рыб. При проведении такого же анализа у ельца и язя выявлена аналогичная картина. По локусу *EST-3** во всех популяциях ельца и 5 из 9 популяций язя частота аллеля *EST-3*92* повышена среди незараженных рыб, а по локусу *EST-2** изменения носят разнонаправленный характер у рыб из разных мест отлова.

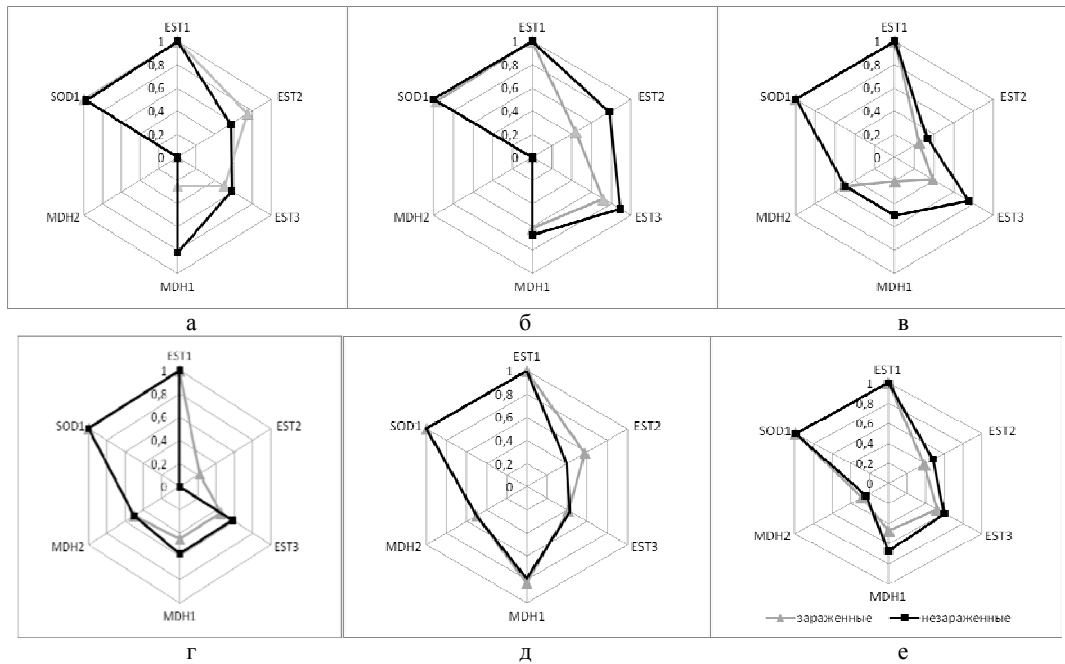


Рис. 1. Частота наиболее распространенного аллеля шести полиморфных белковых локусов плотвы, инвазированной и не инвазированной метацеркариями трематод в выборках: а – Кондинское; б – Междуреченск; в – Болчары; г – Нефтеюганск; д – Лямпино; е – объединенные данные для пяти выборок

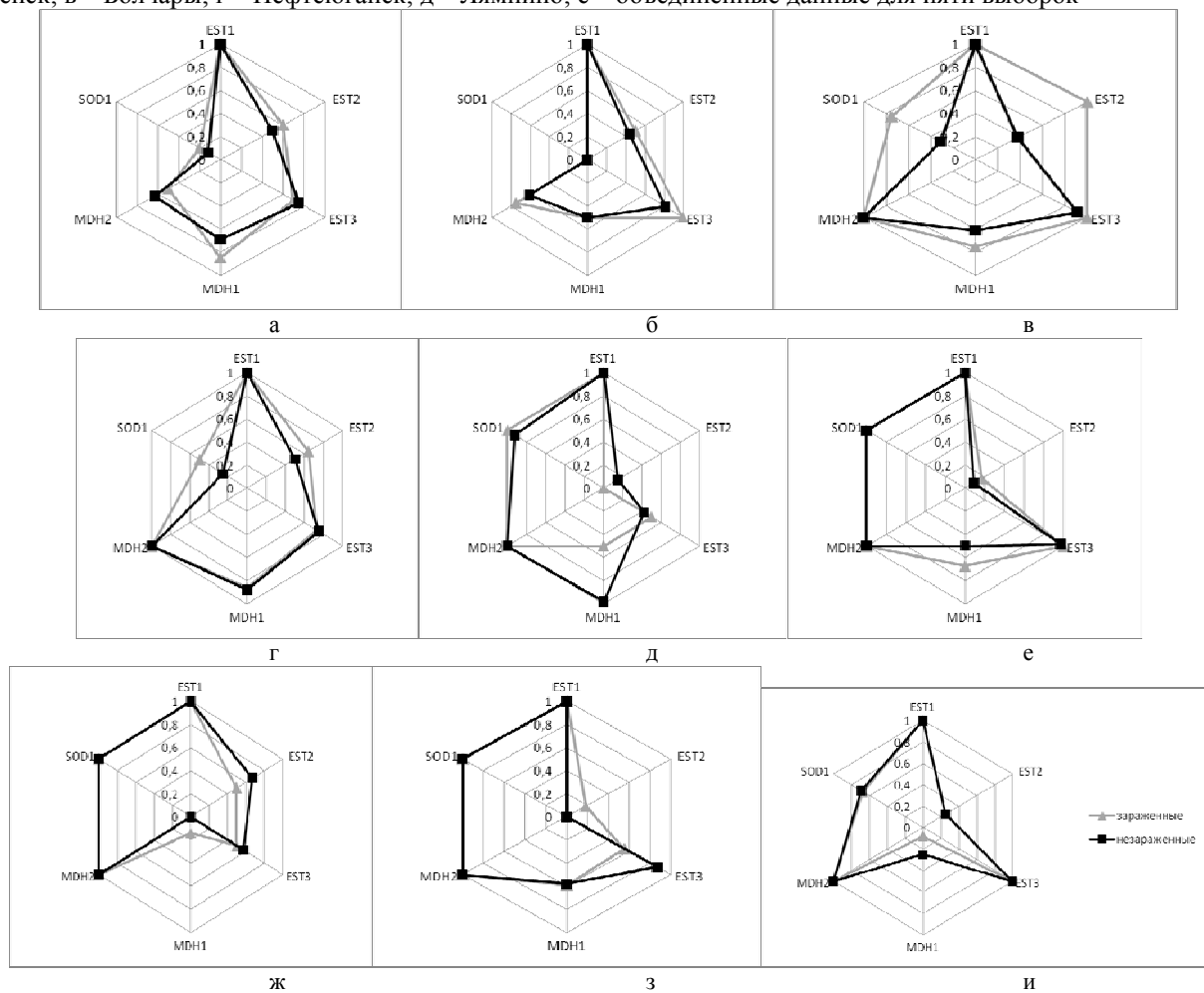


Рис. 2. Частота наиболее распространенного аллеля шести полиморфных белковых локусов язя, инвазированной и не инвазированной метацеркариями трематод в выборках: а – Пугоры; б – Сосьва; в – Хулимсунт; г – Белогорье; д – Кедровый; е – Лямпино; ж – Болчары; з – Междуреченск; и – Иртыш

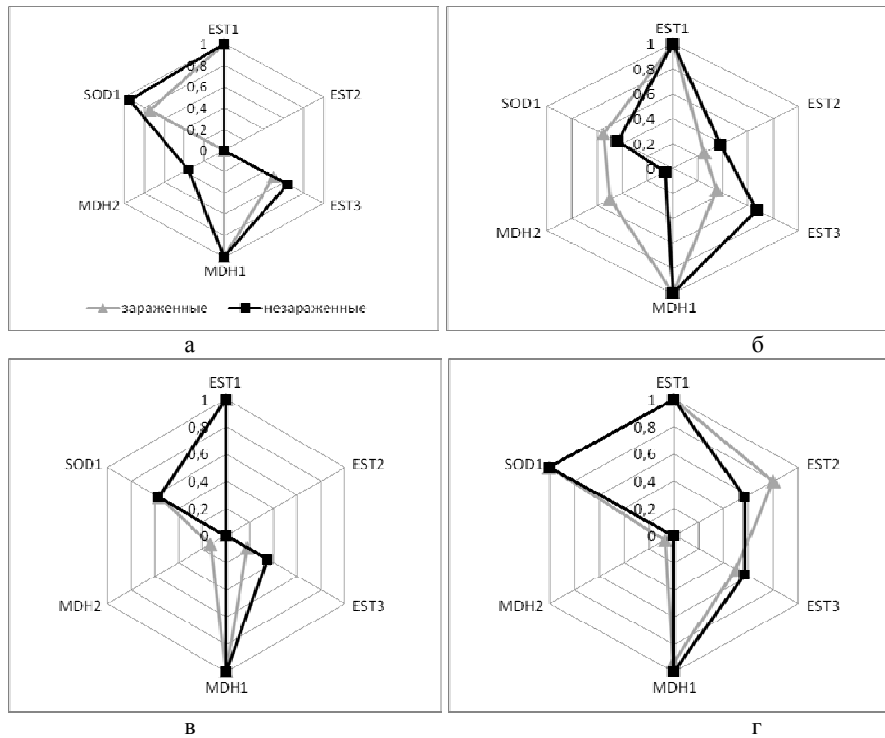


Рис. 3. Частота наиболее распространенного аллеля шести полиморфных белковых локусов ельца, инвазированного и не инвазированного метацеркариями трематод в выборках: а – Ляпино; б – Хулимсунт; в – Пугоры; г – Сосьва

Обнаруженные параллелизмы в популяционно-генетической структуре исследованных видов рыб могут быть объяснены сходной реакцией родственных генетических систем на одни и те же условия среды. Это может свидетельствовать также о том, что генетические основы устойчивости–восприимчивости к трематодозам разных видов (родов) карповых рыб сходны.

В то же время наблюдаются и различия, связанные со спецификой видовых (родовых) особенностей генетических систем. Так, локус *SOD-1**, мономорфный у плотвы (р. *Rutilus*), у ельцов (р. *Leuciscus*) полиморфен и имеет разный характер распределения частот аллелей в группах зараженных и не зараженных особей. Напротив, локус *MDH-1** у ельца мономорфный. В отличие от него у плотвы и язя он полиморфный, но имеет разный характер распределения аллелей в группах зараженных и незараженных рыб.

В целом выявлены разнонаправленные изменения частот аллелей в группах зараженных и незараженных рыб из разных локаций. Повидимому, обнаруженные ассоциативные связи характеризуют конкретную генетическую систему в определенных условиях среды, при изменении которых связи разрушаются, поскольку

формируются новые коадаптированные генные комплексы.

Для поиска маркеров паразито-резистентности методами дисперсионного анализа и сравнения по критериям Стьюдента и Фишера изучали зависимость количества метацеркарий трематод от генотипов полиморфных локусов рыб: неспецифических эстераз *EST-2,3**, малатдегидрогеназы *MDH-2**, супероксиддисмутазы *SOD-1,2** и миогенов. В результате проведенных исследований выявлено, что у язей – обладателей генотипа АВ по локусу неспецифических эстераз *EST-2** – достоверно больше обилие *O. felineus* и суммарное количество метацеркарий по сравнению с генотипами АА, ВВ и ВС ($P < 0,05$). По локусу *EST-3** у носителей гетерозиготного генотипа АВ достоверно больше обилие описторхисов, ихтиокотилурусов и общая зараженность метацеркариями всех видов трематод по сравнению с обладателями генотипа ВВ, ихтиокотилурусами – по сравнению с язями – обладателями генотипа АА ($P < 0,05$). По локусу *MDH-2** язи с генотипом АВ достоверно больше были заражены личинками описторхисов и всеми видами трематод, чем носители генотипа АС ($P < 0,01$). По локусу *SOD-1** у гетерозигот АВ и гомозигот ВВ число метацеркарий описторхисов, меторхисов и общее количество трематод досто-

верно больше, чем у обладателей АА ($P < 0,05$). По локусу *MDH-1** достоверных различий по зараженности рыб с разными генотипами не найдено. У ельца различия в инвазированности обладателей разных генотипов недостоверны по всем проанализированным локусам и всем видам трематод, что может быть обусловлено меньшим объемом выборки по сравнению с язем и плотвой.

У плотвы зависимость количества трематод в тканях от генотипов была достоверной по четырем из семи изоферментных локусов. По локусу *EST-2** обладатели генотипа АД были достоверно сильнее инвазированы описторхидами ($P < 0,05$), чем обладатели всех остальных генотипов. Такая же зависимость была установлена и у язя и может быть закономерной – генотипы локуса *EST-2** могут служить маркерами устойчивости к описторхозной инвазии. По локусам *MDH-1** и *SOD-1** различия в инвазированности трематодами обладателей разных генотипов были недостоверны, в отличие от язя, у которого по локусу *SOD-1** выявлены достоверные различия. По локусу *SOD-2** у особей плотвы, гомозиготных по быстрому аллелю, было больше ($P < 0,05$) метацеркарий ихтиокотилурусов. По локусу *MY-5** такая же ситуация наблюдалась у носителей аллеля В – гомозигот ВВ и гетерозигот ВС. По локусу *MY-6** сильнее заражены личинками трематод ихтиокотилурусов были обладатели генотипа АА. По локусу *MY-1** зависимость инвазированности от генотипа не выявлена, а остальные локусы миогенов у плотвы мономорфны.

Связь параметров биохимического полиморфизма в популяциях животных с какими-либо признаками может быть обусловлена дифференциальной смертностью особей, различающихся генотипами белковых локусов, и неслучайным по отношению к генотипам перераспределением особей в пространстве, а также результатом селективности выборок [4]. Большинство попыток найти связи между генотипами белковых локусов с хозяйственно-важными признаками оказываются безрезультатными. Не исключено, что причиной этому является тот факт, что обнаруженные ассоциативные связи характеризуют конкретную генетическую систему в определенных условиях среды. При изменении условий среды ассоциативные связи разрушаются, поскольку формируются новые коадаптированные генные ком-

плексы. По мнению Л. В. Богданова [3], маловероятно, что функциональные различия между аллоформами одного белка могли скольконибудь значительно влиять на проявление полигенных признаков, имеющих невысокие коэффициенты наследуемости. Видимо, четкие корреляции наблюдаются в случае плейотропного действия генов [14].

Поскольку существуют пространственные различия частот аллелей в популяциях рыб из разных участков Обь-Иртышского бассейна и обнаружена неравнозначность встречаемости аллелей в инвазированных и неинвазированных группах рыб, интерес представляет анализ сопряженной динамики генетической структуры и паразитологических показателей, который может объяснить разные уровни инвазии популяций. Для изучения этого вопроса были рассчитаны коэффициенты корреляции (r) между показателями инвазированности карповых рыб личинками трематод и частотами аллелей полиморфных изоферментных локусов (табл.).

Установлены достоверные средней силы отрицательные корреляции между зараженностью рыб *O. felineus* и *M. bilis* и частотами аллелей *EST-2*100* и *MY-2*100*, а также зараженностью прочими видами с частотой аллеля *MY-4*100*. То есть, чем больше частота встречаемости в популяции особей – обладателей «обычного» аллеля, тем меньше доля зараженных особей и обилие паразитов. Это может свидетельствовать в пользу того, что в популяциях хозяев идет опосредованный паразитами отбор и формируется популяционно-генетическая структура, представленная наиболее устойчивыми генотипами.

Мы сравнили также показатели средней гетерозиготности – *Hobs* и *Hexp* – по нескольким изоферментным локусам в группах зараженных и незараженных особей рыб. У плотвы эти показатели составили 0,244 и 0,398 у зараженных рыб, 0,204 и 0,385 – у незараженных соответственно. У ельца – 0,091 и 0,299 у зараженных, 0,108 и 0,257 у незараженных. У язя – 0,132 и 0,361 у зараженных, 0,050 и 0,320 у незараженных. У всех видов рыб в группе зараженных показатели гетерозиготности выше. Тенденция повышения показателя как наблюдаемой, так и ожидаемой средней гетерозиготности в группе зараженных рыб наблюдается практически по всем локусам (рис. 4).

Таблица

Коэффициенты корреляции (r) между показателями инвазивности карповых рыб личинками трематод и частотами аллелей изоферментных локусов

Аллель	<i>O. felineus</i>		<i>M. bilis</i>		<i>Ichthyocotylurus sp.</i>		Прочие виды	
	ЭИ	ИО	ЭИ	ИО	ЭИ	ИО	ЭИ	ИИ
<i>EST-2*100</i>	-0,59*	-0,33	-0,59*	-0,50*	0,11	0,19	0,28	0,27
<i>EST-3*100</i>	0,33	0,37	0,44	0,46	-0,04	0,13	0,32	0,32
<i>MDH-1*100</i>	0,06	0,13	0,11	0,17	-0,15	-0,03	-0,26	-0,26
<i>MDH-2*100</i>	-0,27	0,04	-0,33	-0,44	0,03	0,11	0,19	0,18
<i>SOD-1*100</i>	-0,32	-0,40	-0,37	-0,34	0,14	0,22	-0,32	-0,32
<i>MY-1*106</i>	-0,18	-0,17	-0,17	-0,27	0,01	0,14	0,10	0,08
<i>MY-2*100</i>	-0,69*	-0,57*	-0,77*	-0,62*	-0,13	0,22	-0,08	-0,07
<i>MY-4*100</i>	-0,34	-0,22	-0,38	-0,36	0,06	0,11	-0,60*	-0,62*
<i>MY-5*100</i>	0,04	-0,38	-0,03	0,06	0,03	0,23	-0,32	-0,29
<i>MY-6*100</i>	0,27	0,34	0,36	0,36	0,08	0,09	0,14	0,14

Примечание: ЭИ – экстенсивность инвазии, %; ИО – индекс обилия для описторхид в пересчете на 1 см² поверхности спинных мышц; * – достоверно ($P < 0,05$)

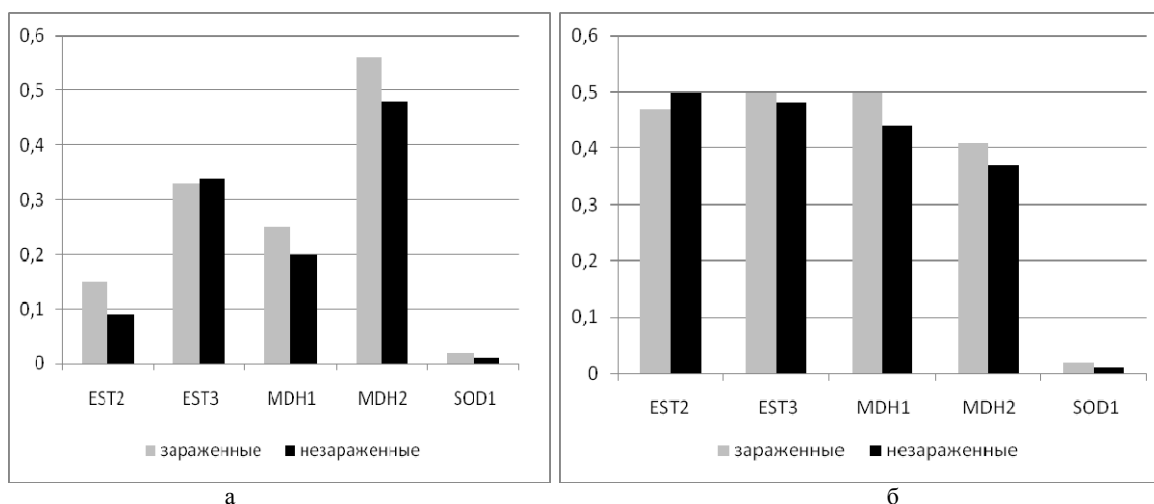


Рис. 4. Средняя наблюдаемая (а) и ожидаемая (б) гетерозиготность по разным локусам в группах инвазированной и неинвазированной трематодами плотвы

Изучение корреляционных зависимостей между уровнем индивидуальной полилокусной гетерозиготности по изоферментам и паразитарной нагрузкой показало, что у плотвы существует слабая положительная связь с зараженностью *O. felineus* ($r = 0,20$, $P < 0,05$), а у язя – такая же связь с зараженностью *Ichthyocotylurus sp.* ($r = 0,35$, $P < 0,05$). По остальным видам трематод, по суммарной зараженности всеми видами и у ельца коэффициенты корреляции были недостоверны.

Существование корреляции между аллозимной гетерозиготностью и признаками приспособленности было неоднократно показано для различных организмов: растений [20], позвоночных [9; 17; 21] и беспозвоночных животных [26]. Ю. П. Алтуховым [1, с. 915] была сформулирована концепция фундаментальной закономерности, «устанавливающей причинно-

следственную связь полилокусной индивидуальной (видовой) гетерозиготности с возрастом полового созревания и через него с продолжительностью жизни». Таким образом, существование корреляции «гетерозиготность – приспособленность» является общепринятой точкой зрения [21; 27]. Хотя во многих работах, выполненных в последнее время, констатируется отсутствие связи между гетерозиготностью и признаками приспособленности [15; 16; 19; 23; 25]. Более того, многие работы не были опубликованы вследствие отсутствия положительного результата или крайне слабой связи между гетерозиготностью и приспособленностью [18].

Индивидуальная гетерозиготность может служить интегральной характеристикой генотипа. В большинстве случаев такие признаки, как плодовитость, жизнеспособность, скорость роста, устойчивость к заболеваниям и другие,

входящие в понятие общей приспособленности и скоррелированные между собой, зависят от генотипа в целом и, в частности, от уровня гетерозиготности. В ряде работ показана повышенная выживаемость гетерозигот в неблагоприятных условиях. На преимущества гетерозигот указывает повышение среднего уровня гетерозиготности с возрастом во многих популяциях. Так, для рыб имеются свидетельства связи параметров белкового полиморфизма со скоростью роста и индивидуального развития. При анализе природных популяций нерки *Oncorhynchus nerka* обнаружена положительная корреляция уровня гетерозиготности с размером пократных особей и отрицательная связь – с размером половозрелых самцов [2]. В случае положительной связи уровня гетерозиготности с размерами особей, есть объяснение в преимущественном выживании гетерозигот и их превосходстве в скорости роста [7]. Возможно, обнаруженная в наших исследованиях повышенная гетерозиготность среди инвазированных рыб является маркером внутривидовых группировок, имеющих особенности развития, морфологии, экологии, служащих основой для более высокой предрасположенности к трематодной инвазии.

В то же время на межпопуляционном уровне выявлены достоверные отрицательные корреляционные связи между ожидаемой гетерозиготностью и экстенсивностью инвазии язей

метацеркариями *M. bilis* ($r = -0,50$, $P < 0,05$) (рис. 5), фактической гетерозиготностью и индексом обилия трематод в мышцах ($r_s = -0,65$, $P < 0,05$), полиморфностью и индексом обилия ($r_s = -0,73$, $P < 0,05$).

Это подтверждает гипотезу о большей устойчивости к паразитарной инвазии популяций с высокими показателями генетической изменчивости.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили подтвердить гипотезу о наличии связи генетических и паразитологических параметров популяций карповых рыб. Выявлена ассоциация генетических маркеров с предрасположенностью рыб к инвазии описторхидами, а также сопряженность генетической структуры хозяев с показателями их инвазированности личинками трематод. Уровень зараженности положительно коррелирует с показателем индивидуальной гетерозиготности и отрицательно – со средней гетерозиготностью популяции. Возможно, повышенная гетерозиготность является механизмом сохранения жизнеспособности при инвазии или служит неспецифическим ответом популяции на стресс, связанный с повышенной паразитарной нагрузкой. В связи с этим поддержание достаточного уровня гетерозиготности популяций является условием успешного преодоления паразитарной инвазии.

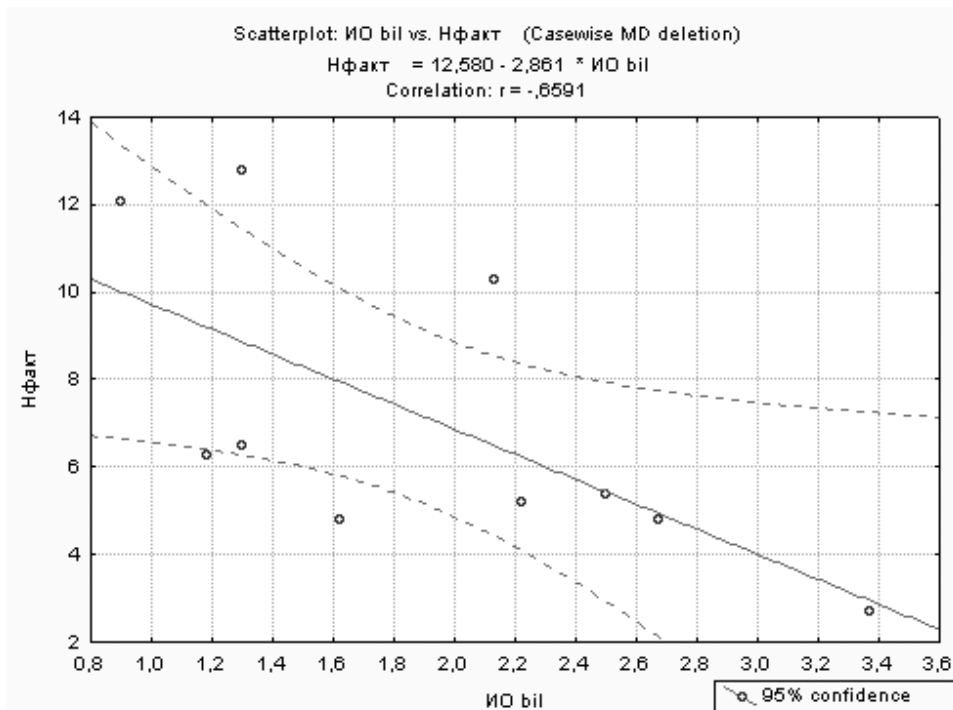


Рис. 5. Корреляция среднего индекса обилия метацеркарий *Metorchis bilis* в мышцах язей со средней фактической гетерозиготностью популяций (для 10 выборок)

Авторы выражают признательность с.н.с. лаборатории экологического мониторинга природно-очаговых инфекций Института краевой инфекционной патологии, к.м.н. В. В. Ожирельеву, предоставившему материал для исследования. Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (госконтракт № П712).

Литература

- Алтухов Ю. П. Аллозимная гетерозиготность, скорость полового созревания и продолжительность жизни / Ю. П. Алтухов // Генетика. – 1998. – Т. 34, № 7. – С. 908–919.
- Алтухов Ю. П. Адаптивная генетическая структура и ее связь с внутривидовой дифференциацией по полу, возрасту и скорости роста у тихоокеанского лосося – нерки *Oncorhynchus nerka* / Ю. П. Алтухов, Н. В. Варнавская // Генетика. – 1983. – Т. 19, № 5. – С. 796–802.
- Богданов Л. В. К вопросу о природе биохимического полиморфизма у домашних животных / Л. В. Богданов // Биохимическая генетика рыб. – Л., 1973. – С. 24–36.
- Бойко Е. Г. Влияние селекционно-генетических и экологических факторов на структуру популяций карповых рыб : дис. ... канд. биол. наук. / Е. Г. Бойко. – Тюмень, 1997. – 135 с.
- Быховская-Павловская И. Е. Паразитологическое исследование рыб / И. Е. Быховская-Павловская. – Л. : Наука, 1985. – 108 с.
- Генетика изоферментов / Л. И. Корочкин и [др.]. – М. : Наука, 1977. – 278 с.
- Голубцов А. С. Внутривидовый полиморфизм / А. С. Голубцов. – М. : Наука, 1988. – 166 с.
- Звягина В. В. Структурно-функциональные особенности метацеркарий *Opisthorchis felineus*; оптимизация способов обеззараживания и контроля рыбы, инвазированной личинками возбудителя описторхоза : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. В. Звягина. – Тюмень, 1995. – 16 с.
- Каштанов С. Н. Исследование признаков приспособленности и аллозимной гетерозиготности в искусственной популяции соболя *Martes zibellina* L. / С. Н. Каштанов, О. Е. Лабезный, С. В. Грачева // Генетика, 2003. – Т. 39, № 12. – С. 1693–1697.
- Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.
- Маурер Г. Диск-электрофорез. Теория и практика электрофореза в ПААГ / Г. Маурер. – М. : Мир, 1971. – 243 с.
- Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России / В. Е. Судариков и [др.] ; отв. ред. В. И. Фрезе. – М. : Наука, 2002. – 185 с.
- Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3 : Паразитические многоклеточные. Ч. 2. – Л. : Наука, 1987. – 583 с.
- Смирнов О. К. Раннее определение продуктивности животных / О. К. Смирнов. – М. : Колос, 1974. – 112 с.
- Booth C. L. Lack of significant association between allozyme heterozygosity and phenotypic traits in the land snail / C. L. Booth, D. S. Woodruff, S. J. Gould // *Cerion. Evol.* – 1990. – Vol. 44. – P. 210–213.
- Britten H. B. Meta-analyses of the association between multilocus heterozygosity and fitness / H. B. Britten // *Evolution.* – 1996. – Vol. 50. – P. 2158–2164.
- Danzmann R. G. Heterozygosity and components of fitness in a strain of rainbow trout / R. G. Danzmann, M. M. Ferguson, F. W. Allendorf // *Biol. J. Linn. Soc.* – 1988. – Vol. 33. – P. 285–304.
- David P. Heterozygosity-fitness correlations: new perspectives and old problems / P. David // *Heredity.* – 1997. – Vol. 80. – P. 531–537.
- Elliott A. C. Size, grown rate, and multiple-locus heterozygosity in the land snail (*Otala lactea*) / A. C. Elliott, A. Pierce // *J. Hered.* – 1992. – Vol. 83. – P. 270–274.
- Ledig F. T. Heterozygosity, heterosis and fitness in outbreeding plants / F. T. Ledig // *Conservation (the science of scarcity and diversity).* – Ed. Soule M.E.N.Y., 1986. – P. 77–104.
- Mitton J. B. Association among heterozygosity, grown rate, and developmental homeostasis / J. B. Mitton, M. C. Grant // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* – 1984. – Vol. 15. – P. 479–499.
- Richardson B. J. Allozyme electrophoresis. A handbook for animal systematics and Population Studies / B. J. Richardson. – London : Academic Press, 1986. – 410 p.
- Savolainen O. Heterozygosity and fitness: no association in Scots Pine / O. Savolainen, P. Hedrick // *Genetics.* – 1995. – Vol. 140. – P. 755–766.
- STATISTICA for Windows [Computer program manual]. – Tulsa, OK : StatSoft, Inc., 1998.
- Whitlock M. Lack of correlation between heterozygosity and fitness in forked fungus beetles / M. Whitlock // *Heredity.* – 1993. – Vol. 70. – P. 574–581.
- Zouros E. On the relation between heterozygosity and heterosis: an evaluation of the evidence from marine mollusks / E. Zouros // *Isozymes.* – 1987. – Vol. 15. – P. 255–270.
- Zouros E. The use of allelic isozyme variation for the study of heterosis / E. Zouros, D. W. Foltz // *Isozymes.* – 1987. – Vol. 13. – P. 1–59.

Correlation between parasitological and genetic parameters in populations of cyprinid fish from rivers of Ob'-Irtys' basin

O. N. Zhigileva, I. S. Brol, V. V. Pozhidaev, D. V. Zenovkina

Tyumen State University, Tyumen

Abstract. The interrelation between of infestation by trematodes and genetic parameters in populations of three Siberian cyprinid species was studied. Positive correlation between the intensity of infection by trematodes and the level of individual multi-locus allozyme heterozygosity of fish was founded. Data on the differential infestation of different genotypes and the correlation coefficients between the frequencies of alleles and infection rate indicates conjugation of the spatial genetic structure of fish populations with resistance to trematode infestation.

Key words: cyprinid fish, Ob'-Irtys' basin, population genetic structure, allozymes, heterozygosity, trematodes, infestation rate

Жигилева Оксана Николаевна
Тюменский государственный университет
625043 г. Тюмень, ул. Пирогова, 3
кандидат биологических наук, доцент
тел. (3452) 64-07-24
E-mail: zhigileva@mail.ru

Zhigileva Oxana Nikolaevna
Tyumen State University
3 Pirogov St., Tyumen, 625043
Ph.D. of Biology, ass. prof.
phone: (3452) 64-07-24
E-mail: zhigileva@mail.ru

Броль Иван Сергеевич
Тюменский государственный университет
625043 г. Тюмень, ул. Пирогова, 3
студент
тел. (3452) 64-07-24
E-mail: Wiking-brol@yandex.ru

Brol Ivan Sergeevitch
Tyumen State University
3 Pirogov St., Tyumen, 625043
student
phone: (3452) 64-07-24
E-mail: Wiking-brol@yandex.ru

Пожидает Виктор Валентинович
Тюменский государственный университет
625043 г. Тюмень, ул. Пирогова, 3
студент
тел. (3452) 64-07-24
E-mail: viserpens@gmail.com

Pozhidaev Viktor Valentinovitch
Tyumen State University
3 Pirogov St., Tyumen, 625043
student
phone: (3452) 64-07-24
E-mail: viserpens@gmail.com

Зеновкина Дарья Васильевна
Тюменский государственный университет
625043 г. Тюмень, ул. Пирогова, 3
студент
тел. (3452) 64-07-24
E-mail: agricola1313@gmail.com

Zenovkina Darya Vasilyevna
Tyumen State University
3 Pirogov St., Tyumen, 625043
student
phone: (3452) 64-07-24
E-mail: agricola1313@gmail.com