

инвазии общими методами среди животных. Основные экспериментальные и статистические данные о текущей эпизоотической ситуации по фасциолезу жвачных животных в Западно-Казахстанской области получены с территории Теректинского района. Сбор статистических и инвазивных материалов проводился на станциях контроля болезней животных и скотобойнях. Таким образом, копрологические исследования выявили, что экстенсивность гельминтоза у овец составила 40,8%, интенсивность инвазии - $34,4 \pm 2,6$. Гельминтологическое вскрытие 158 овец разного возраста выявило, что 60 из них были инвазированы фасциолезом. Многие водные источники создают благоприятные условия для жизни различных моллюсков, которые служат промежуточным звеном в развитии фасциол и вызывают распространение болезни. Результаты ветеринарно-санитарных отчетов и исследования показывают, что у овец фасциолез регистрируется круглый год.

ӨОЖ 639.3.032

FTAXP 69.25.00

DOI 10.56339/2305-9397-2022-3-1-122-133

Гинаяттов Н.С., PhD, аға ғылыми қызметкер, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-9608-002X>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ., Қазақстан Республикасы, nginayatov@mail.ru

Ульянов В.А., в.ғ.м., аға ғылыми қызметкер, <https://orcid.org/0000-0002-7500-1601>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ., Қазақстан Республикасы, vadimkst@mail.ru

Асылбекова С.Ж., биология ғылымдарының докторы, бас директордың орынбасары, <http://orcid.org/0000-0002-6648-4744>

«Балық шаруашылығы ғылыми өндірістік орталығы» ЖШС, 050016, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Сүйінбай даңғылы, 89 «А», assylbekova@fishrpc.kz

Сидарова А.Ж., ж.ғ.м., жоба орындаушысы, <https://orcid.org/0000-0001-8917-3570>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ., Қазақстан Республикасы, sidarova.a@mail.ru

Ginayatov N.G., PhD, senior researcher, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-9608-002X>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nginayatov@mail.ru

Ulyanov V.A., Master of Veterinary Sciences, senior researcher <https://orcid.org/0000-0002-7500-1601>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, vadimkst@mail.ru

Assylbekova S.Zh., Doctor of Biological Sciences, Deputy General Director, <http://orcid.org/0000-0002-6648-4744>

LLP «Fisheries Research and Production Center», 050016, Kazakhstan, Almaty, Suyunbay Ave., 89 «А», assylbekova@fishrpc.kz

Sidarova A.Zh., Master of Natural Sciences, project executor, <https://orcid.org/0000-0001-8917-3570>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, sidarova.a@mail.ru

ТҮЙЫҚ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ ЖАҒДАЙЫНДА ӨСІРІЛЕТІН БЕКІРЕ БАЛЫҚТАРЫНЫҢ STR-ЛОКУСТАРЫ БОЙЫНША ПОЛИМОРФИЗМІН БАҒАЛАУ

Аннотация

Акваөсірудің тұрақты дамуы үшін өндірістік жағдайларға неғұрлым бейімделген, өнімділігі анағұрлым жақсартылған балықтарды шығаруға және құнды балық түрлерінің генетикалық әртүрлілігін сақтауға бағытталған селекциялық-генетикалық жұмыстарды жүргізудің өзектілігі артып келеді. Бұл мақалада бекіре балықтарының ДНҚ-ның 7 микросателлиттік локусы бойынша полиморфизмін бағалау бойынша зерттеулердің

нәтижелері келтірілген, онда 69 аллель анықталған, олардың саны 6-дан (LS19 локусы) 12-ге дейін (Afug37 локусы) аллельді құрайды. Afug135 және Afug37 локустары бойынша күтілетін және бақыланатын гетерозиготалықтың айтарлықтай жоғары – тиісінше 0,846 және 0,950; 0,98 және 1,0 сипатталды, бұдан басқа, Afug41 локусы да 0,99 және 1,0 осындай жоғары мәндерге ие болды. AoxD161 локусы бойынша күтілетін гетерозиготалықтың деңгейі 0,817-ге тең, ал AoxD165 локусы бойынша күтілетін гетерозиготалықтың мәні 0,815 болды. Гетерозиготалықтың күтілетін деңгейінің мәндеріне қатысты ең жоғарғы Spl173 (0,878) локусы сипатталды, ал ең төменгі мән LS19 (0,742) локусында белгіленді, жоғары бақыланатын гетерозиготалықпен (Ho) AoxD161, LS19, Afug37 және AoxD165 локустары сипатталды. Сонымен, осы жерлерде зерттелген барлық дарақтардың гетерозиготалы болды, сәйкесінше бақыланатын гетерозиготалықтың деңгейі 1-ге тең болды. Бақыланатын гетерозиготалықтың ең төмен мәні Spl173 локусында 0,550-ті құрады. Алынған нәтижелер негізінде зерттелетін локустардың полиморфтылық деңгейінің орташа көрсеткіші – 5,952; полиморфтылықтың ең жоғары деңгейі Spl173 локусында – 8,197, ең төменгі деңгейі LS19 локусында – 3,876-ны құрады.

Тұйық сумен қамтамасыз ету қондырғылары (ТСҚК) жағдайында өсірілген сібір бекірелеріндегі STR локустарының полиморфизмін бағалау зерттелетін топта күтілетін және бақыланатын гетерозиготалықтың, сондай-ақ фиксация индексінің (Fis) көрсеткішінің арақатынасы, олардағы гетерозиготалардың артық екендігін және STR локустары бойынша генетикалық әртүрліліктің жоғары «қорын» көрсетеді.

ANNOTATION

For the sustainable development of aquaculture, the relevance of breeding and genetic work is increasing, aimed at breeding the most adapted to production conditions, fish with the most improved production qualities, and preserving the genetic diversity of valuable fish species. This article presents the results of studies on the assessment of polymorphism at 7 microsatellite loci of sturgeon DNA, in which 69 alleles were identified, and their number ranges from 6 (LS19 locus) to 12 (Afug37 locus) alleles. The Afug135 and Afug37 loci were characterized by relatively high expected and observed heterozygosity – 0.846 and 0.950, 0.98 and 1.0, respectively; in addition, the Afug41 locus had the same highest values – 0.99 and 1.0. At the AoxD161 locus, the expected heterozygosity level was 0.817; at the AoxD165 locus, the expected heterozygosity was 0.815. Regarding the values of the expected level of heterozygosity (He), the Spl173 locus (0.878) was characterized by the maximum, and the minimum value was noted in the LS19 locus (0.742), the AoxD161, LS19, Afug37, and AoxD165 loci were characterized by the highest observed heterozygosity (Ho). So, for these loci, all the studied individuals were heterozygous, respectively, the level of observed heterozygosity was 1. The lowest value of observed heterozygosity was in the Spl173 locus - 0.550. Based on the obtained results, the average index of the level of polymorphism of the studied loci was established - 5.952; The highest level of polymorphism was observed at the Spl173 locus, 8.197; the lowest, at the LS19 locus, 3.876.

An assessment of the polymorphism of STR loci in Siberian sturgeons grown in RAS (recirculating aquaculture system) showed that in the studied group, the ratio of expected and observed heterozygosity, as well as the fixation index (Fis), indicates an excess of heterozygotes in them and a high “reserve” of genetic diversity in STR- loci.

Түйін сөздер: бекіре, генотиптеу, будандар, STR-профиль, ТСҚК

Key words: sturgeon, genotyping, hybrids, STR-profile, RAS.

Кіріспе. Тұйық сумен қамтамасыз ету қондырғылары (ТСҚК) жағдайында бекіре балықтары мен олардың будандарын өсіру индустриялық акваөсірудің перспективалы бағыттарының бірі болып табылады, демек, бекіре балықтардың популяциялық генетикасындағы ерекшеліктерді анықтау және бар олқылықтардың орнын толтыру, түрлік құрылымдау үшін осы балықтардың генетикалық құрылымы туралы түсініктерді кеңейту және оны түрді ақпараттандырылған басқару үшін қолдану елеулі өзектілікке ие болды [1-4].

Тұйық сумен қамтамасыз ету қондырғылары жағдайында бекіре балықтардың өндіруші аналық басын қалыптастыру үшін жұптарды таңдауда жақын туыстық будандастыруды

болдырмау мақсатында популяцияларды анықтау қажеттілігін айқындайды. Осының арқасында қазіргі генетикалық құрылымды сақтап, генофондтың сарқылуын болдырмауға болады [5-7]. Балықтардың генетикалық құрылымын зерттеуге қабілетті генетикалық маркер ретінде микросателиттер популяциялық генетиканы зерттеудің үздік құралы болып табылады [8]. Бұл қасиеттер микросателиттердің геном бойынша кең таралуымен бірге, оларды таксондардың жоғары тиімді генетикалық картасын жасау және сипаттау, филогенетикалық байланыстарды орнату, белгілі будандастыруларды нақтылау және отырғызу материалын анықтау үшін ең тартымды генетикалық маркерлерге айналдырады [9-11].

Сондықтан зерттеудің мақсаты өндірістік акваөсіру жағдайында өсірілген бекіре балықтардың STR локустарының полиморфизмін бағалау болды, оған қол жеткізу үшін келесі міндеттер анықталды:

- ТСКөК-да өсірілетін бекіре балықтарының популяциясының аллельдік қорын сипаттау;
- Микросателитті маркерлердің көмегімен популяцияның генетикалық сипаттамаларын есептеу;
- Бекіре балықтар популяциясының генетикалық әртүрлілік дәрежесін анықтау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеуге арналған материал ТСКөК-да өсірілетін бекіре балықтардың өндіруші-аналық басынан алынған жүзбеканаттар фрагменттерінен бөлінген ДНҚ болып табылды. Зерттеу нысаны ретінде Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің Ихтиология және акваөсіру зертханасының базасындағы сібір бекіресінің *Acipenser baerii* 20 дарағы алынды. Микросателитті локустар бойынша генотиптеу «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КЕАҚ сынау орталығының биотехнология және жұқпалы ауруларды балау зертханасында жүргізілді.

ДНҚ әртүрлі үлгілерден жоғары өнімділігі мен тазалығы бар геномдық ДНҚ-ны сапалы түрде оқшаулауға мүмкіндік беретін «ДНК-Экстран-2» коммерциялық жиынтығын қолдана отырып, жүзбеканаттар тіндерінен алынды.

ДНҚ бөлінгеннен кейін концентрацияны спектрофотометрмен өлшеу жүргізілді (Сару 60, Сингапур), үлгілер қажетті концентрацияға дейін стандартталған (50 нг/мкл).

Генетикалық полиморфизмді бағалау үшін 7 микросателитті локус қолданылды (1-кесте) [12-14].

Кесте 1 – Бекіре балық түрлерінің полиморфизмін талдауға арналған микросателиттік локустар

Локус	Тікелей және кері реттілік (5'-3')	Фрагменттер ауқымы (bp)	Қайталау құрылымы
1	2	3	4
AoxD161	F:GTTTGAATGATTGAGAAAATGC R:TGAGACAGACACTCTAGTTAAACAGC	98-153	ATCT
Afug41	F:TGACGCACAGTAGTATTATTTATG R:TGATGTTTGCTGAGGCTTTTC	182-274.5	ATCT
LS19	F:CATCTTAGCCGTCTGGGTAC R:CAGGTCCCTAATACAATGGC	124.5-164	GTT
Afug135	F:GCCAATTCTGAAATATACCAG R:CGAAACCGCTTCAGACCTT	184-276	ATCT
Afug37	F:CAGGGAATCATGAGCACACG R:TGGCGCAGGATTTTGACAC	144-212	ATCT
Spl173	F:GGCTTTTGTCTGAAACGTCC R:TGGTGTGTGATTTTGAAGGC	228-324	ATCT
AoxD165	F:TTTGACAGCTCCTAAGTGATACC R:AAGCCCTACAACAAATGTCAC	157-226	ATCT

Амплификация өнімдерінің электрофорездік бөлінуі «ABI 3500 Genetic analyzer» капиллярлық электрофорез жүйесінде жүргізілді, аллельдердің ұзындығы GeneMapper (Version 6.0) бағдарламалық құралының көмегімен анықталды.

Талдау күтілетін аллельдік диапазонда орналасқан және орналасу деңгейі бойынша локус шекараларына сәйкес келетін фрагменттерді ғана есепке алды. Берілген локустың шеткі аллельдерінен тыс орналасқан барлық фрагменттер спецификалық емес деп саналды және одан әрі талдауға жатпайды.

Популяциялық-генетикалық сипаттамалар келесі формулалар арқылы есептелді:

Зерттелетін локустар үшін жеке дарактың орташа гетерозиготалылығы (бақыланатын гетерозиготалық) М. Ней бойынша есептелді [15]:

$$H_o = 1 / n * \sum h_i \quad 1)$$

мұндағы, h_i – барлық зерттелетін локустар бойынша орташа алынған үлгі өлшеміне гетерозиготалардың саны.

Күтілетін гетерозиготалық $H_e = 1 - \sum p_i^2$ формуласы арқылы есептелді, мұндағы $\sum p_i^2$ – локустардың аллельдерінің квадраттық жиіліктері.

$$H_e = 1 - \sum p_i^2 \quad 2)$$

мұндағы,

$\sum p_i^2$ – локустардың аллельдерінің квадраттық жиіліктері.

Есептік фиксация индексі (F_{is}) белгілі бір популяцияның жеке дарактары мен жалпы популяция арасындағы қарым-қатынасты орнатуға мүмкіндік береді. Бұл көрсеткіш популяция ішіндегі кездейсоқ жұптасу кезінде Харди-Вайнберг бойынша гетерозиготалардың теориялық күтілетін үлесінен гетерозиготалы генотиптердің пайда болу жиіліктерінің ауытқуын сандық түрде көрсететіндіктен, оны популяцияның туыстық белгілерінің бірі ретінде қарастыруға болады (формула 3):

$$F_{is} = 1 - (H_o / H_e) \quad 3)$$

мұндағы,

H_o – бақыланатын гетерозиготалық;

H_e – күтілетін гетерозиготалық.

Полиморфтылық деңгейі популяциядағы белсенді аллельдердің санын сипаттайтын маңызды интегралдық көрсеткіш болып табылады. Полиморфтылық деңгейі Робертсон гомозиготалық коэффициентінің кері мәні болып табылады:

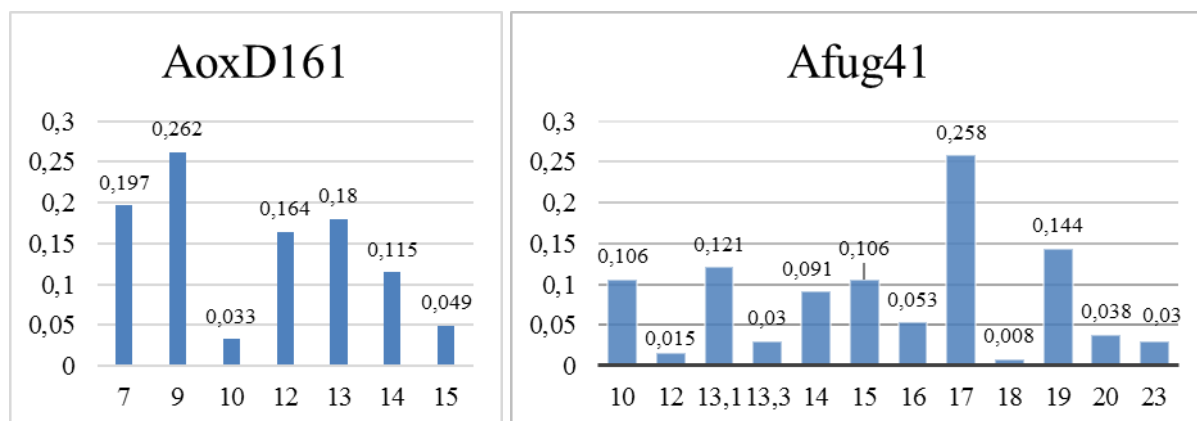
$$A_e = 1 / C_a \quad 4)$$

мұндағы,

C_a – күтілетін гомозиготалық.

Күтілетін гомозиготалық дәрежесі неғұрлым жоғары болса, генотиптердегі тиімді аллельдердің саны азаяды және популяциядағы генетикалық әртүрлілік айтарлықтай төмендейді.

Нәтижелер және оны талқылау. Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің Ихитология және акваөсіру зертханасының ТСҚеҚ жағдайында өсірілген сібір бекіре балықтардың 20 дарасы зерттелді, зерттелген топтың 7 микросателлитке арналған аллельдік қоры анықталды. ДНҚ локустары маркерлердің әрқайсысының полиморфизмін сипаттайтын деректер алынды.



Сурет 1 – Сібір бекіресінің зерттелген тобындағы AoxD161 және Afug41 микросателлитті локустар аллельдерінің жиілігі

Сурет 1 бойынша, ТСҚеҚ жағдайында өсірілген сібір бекіресінің тобында AoxD161 локусында 7 аллель анықталғанын атап өтуге болады. Ең жиі кездесетіні 9 аллелі бар дарақтар – 0,262, ал ең аз саны бар 10 аллель (0,033).

Барминцева А.Е. бірлескен авторларымен жұмысында бекіре балықтардың әртүрлі түрлерін зерттеу кезінде сібір бекіресінің AoxD161 локусы бойынша 10 аллель болғаны анықталды. Аллельдердің ең аз саны сахалин бекіресі *Acipenser mikadoi* үшін (4), ал ең көп саны – орыс бекіресі *Acipenser gueldenstaedtii* (15) [16]. Н.В. Козлова бірлескен авторларымен зерттеген орыс бекіре тобының AoxD161 локусында 19 аллель болды [17].

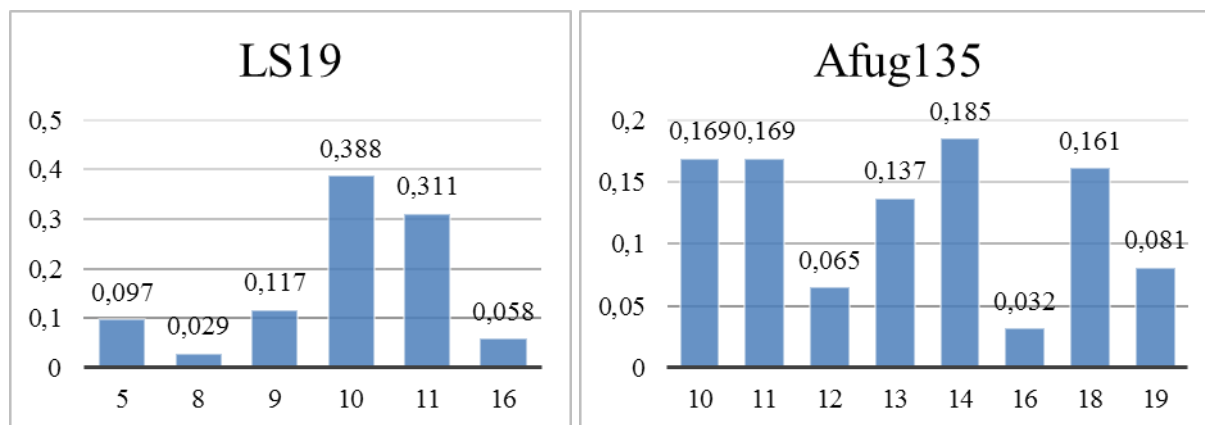
Атлантикалық бекіре *Acipenser oxyrinchus* локусында AoxD161 6 аллельді құрады, бұл оның төмен полиморфты екенін көрсетеді.

Afug41 локусында сібір бекіресінің тобында аллельдердің көп саны анықталды – 11, аллель үшін ең жоғары жиілік 17 (0,246), аллельдер үшін ең төмен жиілік 12 (0,015), 13,3 (0,015) және 18 (0,015) болды.

Барминцева А.Е. бірлескен авторларымен жұмысында Ресей Федерациясының аумағында мекендейтін бес микросателлиттік локус бойынша бекіре балықтардың он түрінің генетикалық полиморфизмін зерттеді. Afug41 локусының 8-ден (сахалин бекіресінде *Acipenser mikadoi*) 24 аллельге дейін (орыс бекіресінде *Acipenser gueldenstaedtii*) екендігі анықталды.

Козлова Н.В. бірлескен авторларымен акваөсіру жағдайында орыс бекіре өндірушілерінің генетикалық әртүрлілігіне микросателлитті ДНК маркерлері бойынша талдау жүргізілді, оның ішінде Afug41 локусы жоғары полиморфты және 17 аллель бар екендігі көрсетілді.

Welsh B. et al. *Acipenser fulvescens* көлдік бекіре балықтардың микросателлиттік локустарын және олардың жасыл бекіре балықтардың *A. medirostris* өзгергіштігін сәйкестендіру жүргізілді. Олар Afug41 локусында көл бекіресінде 8 аллель, ал *A. medirostris* жасыл бекіресінде 7 аллель болғанын анықтады [18].



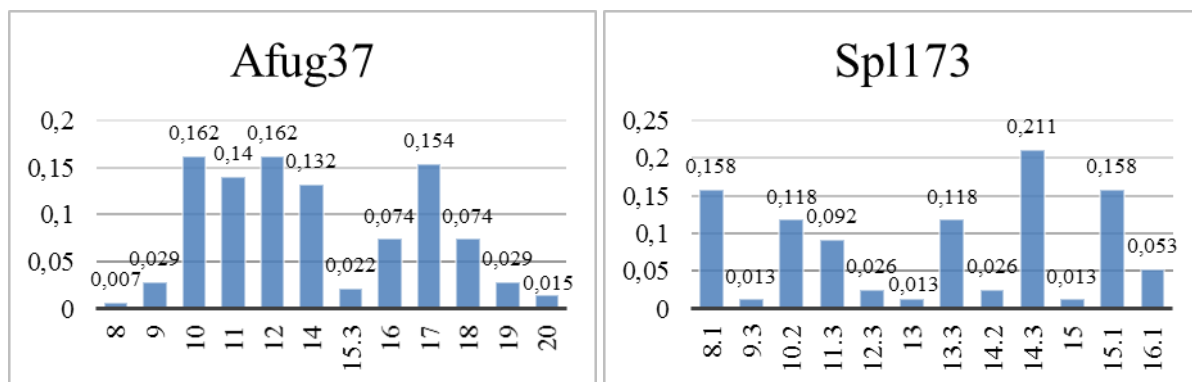
Сурет 2 – Сібір бекіресінің зерттелген тобындағы LS19 және Afug 135 микросателлитті локустар аллельдерінің жиілігі

2-ші суретте келтірілген диаграммадан LS19 локусы зерттелетін топ үшін полиморфтылығы төмен екенін көруге болады, өйткені оның құрамында 6 аллель бар. Ең жоғары жиілік 10 (0,370) және 11 (0,296) аллельдер үшін байқалады. Ең төмен жиілік аллель 8 (0,019) сипатталады.

Georgescu S.E. et al. Румынияда өсірілетін гибридті бекіре балықтардың (*A. baerii* x *A. gueldenstaedtii*) генетикалық әртүрлілігін зерттеді. Олар LS19 локусында 8 аллель бар екенін анықтады [19].

Afug135 локусында сегіз аллель анықталды. Сібір бекіресі тобында ең жоғары жиілігі бар 10 (0,203) және 14 (0,203) аллельдер кездеседі. Аллель 16 – ең сирек кездесетіндердің бірі және оның жиілігі 0,016 болды (4-сурет).

Acipenser fulvescens көлдік бекіре тобында Afug135 локусы төмен полиморфты және 4 аллельден тұрады, ал *A. medirostris* жасыл бекіресінде тек 2 аллель табылды.

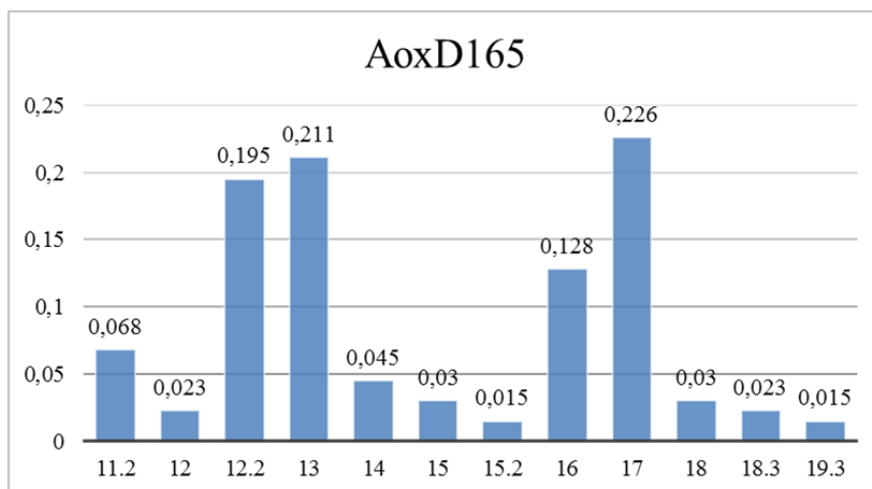


Сурет 3 – Сібір бекіресінің зерттелген тобындағы Afug37 және Spl173 микросателлитті локустар аллельдерінің жиілігі

3-ші суреттен сібір бекіресінің тобы үшін жоғары полиморфты бірі – Afug37 локусы екенін көруге болады, өйткені бұл локуста 12 аллель анықталды. Ең көп таралған аллельдер 12 (0,183) және 17 (0,169). 8, 19 және 20 аллельдері сирек кездеседі, өйткені олардың зерттелетін топтағы жиілігі бірдей болды және 0,014 құрады.

Керісінше, B. Welsh et al. Afug37 локусындағы *Acipenser fulvescens* көл бекіресінде тек 5 аллель, ал *A. medirostris* жасыл бекіресінде 7 аллель бар екендігі анықталды.

Локус Spl173, сондай-ақ Afug41 және Afug37 локустары сібір бекіресінің зерттелетін тобы үшін полиморфтылығы жоғары болып табылады. Онда 11 аллель анықталды. Ең жоғары жиілікте аллель 14,3 (0,189), төмені – 12,3; 13 және 15 аллельдер кездеседі, олардың жиілігі бірдей – 0,027 болды (сурет 6).



Сурет 4 – Сібір бекіресінің зерттелген тобындағы AoxD165 микросателлитті локус аллельдерінің жиілігі

4-ші суретте келтірілген диаграммадан AoxD165 локусында 10 аллель анықталғанын көруге болады. Топта ең көп таралған аллель 13 (0,263) болды, ал ең аз таралған аллельдер 15.2 және 19.3, олардың жиілігі бірдей болды және 0,015-ті құрады.

Ресейде мекендейтін сібір бекіресіндегі микросателлиттік локустардың полиморфизмін зерттеу кезінде AoxD165 локусында 23 аллель анықталды, бұл оның жоғары полиморфты екендігін көрсеткіші. Бекіре тұқымдас балықтардың әртүрлі түрлері үшін AoxD165 локусы 8-ден (*Acipenser nudiventris* пілмайы) 29 аллельге дейін болды (орыс бекіресі *Acipenser gueldenstaedtii*). Атлантикалық *Acipenser oxyrinchus* бекіресінде бұл локус соншалықты жоғары емес және 8 аллель болған.

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КЕАҚ ТСКЕҚ базасында ұсталатын сібір бекіресінің ДНҚ-микросателлиттік локустарының полиморфизміне қорытынды талдау жасай отырып, 7 локуста 69 аллель анықталғанын және олардың саны 6-дан (локус Ls19) 12-ге (локус Afug37) аллельді құрайтынын атап өткен жөн.

ТСКЕҚ жағдайында өсірілетін сібір бекірелерінің зерттелетін тобының гендік қорын талдау барысында 7 STR-локус бойынша маркерлердің әрқайсысының полиморфизмін сипаттайтын деректер алынды (2-кесте).

Кесте 2 – ТСКЕҚ базасында өсірілетін сібір бекіресінің микросателлиттік локустарының сипаттамасы (n=20)

	AoxD161	Afug41	LS19	Afug135	Afug37	Spl173	AoxD165	Орташа
Қайталау ауқымы (мөлшері)	7-15	10-20	5-16	10-19	8-20	8,1-16,1	11,2-19,3	–
Бір даракқа шаққандағы аллельдердің орташа саны	3,05	3,25	2,7	3,2	3,55	1,85	3,25	2,98
Бақыланатын гетерозиготалылық	1	0,950	1	0,950	1	0,550	1	0,921
Күтілетін гетерозиготалылық	0,817	0,853	0,742	0,846	0,873	0,878	0,815	0,832
Күтілетін гомозиготалылық	0,183	0,147	0,258	0,154	0,127	0,122	0,185	0,168
Полиморфтылық деңгейі	5,464	6,803	3,876	6,494	7,874	8,197	5,405	5,952
Фиксация индексі	-0,224	-0,114	-0,348	-0,123	-0,145	0,374	-0,227	-0,107

Популяциялардың генетикалық құрамының динамикасы мәселелерінде гетерозиготалылық маңызды параметр болып табылады. Бұл генетикалық құбылыс, гомологиялық хромосомалары бір немесе басқа геннің әртүрлі формалары (аллельдері) бар организмдерде кездеседі. Гетерозиготалылық гетерозиготаға әртүрлі сапалы гаметалардың бірігуінде пайда болады, табиғи популяцияларда кең таралған және гетерозис себептерінің бірі болып табылады. Гетерозиготалылық популяциялардың өзгеретін қоршаған орта жағдайларына бейімделуінде, сондай-ақ микроэволюциялық процесте оң рөл атқарады. Сондықтан оны бағалау қазіргі уақытта барлық популяция-генетикалық зерттеулерде қажет.

Бақыланатын гетерозиготалықтың дәрежесі (Ho) популяциядағы генетикалық өзгергіштіктің өлшемі болып табылады. Гетерозиготалардың жиілігі маңызды көрсеткіш болып табылады, өйткені әр гетерозигота әртүрлі аллельдерді алып жүреді және өзгергіштіктің болуын көрсетеді. Популяцияның өзгергіштігін дәл бағалау үшін аллельдік әртүрлілік деңгейін қарастыратын күтілетін гетерозиготалылық (He) көрсеткіші енгізіледі. Осыған байланысты 7 STR-локус бойынша есептелген гетерозиготалықтың бақыланатын және күтілетін дәрежесіне баға берілді.

Сібір бекіресінде Afug41 локусы бойынша күтілетін гетерозиготалықтың көрсеткіші 0,853 болды. А.Е. Барминцеваның мәліметтері бойынша күтілетін гетерозиготалық та жоғары болды және ресейлік бекіре *Acipenser gueldenstaedtii*, сібір бекіре *Acipenser baerii*, парсы бекіре

Acipenser persicus, амур бекіресі *Acipenser schrenckii* және сахалин бекіресі *Acipenser mikadoi*-де 0,76-дан 0,99-ға дейін болды.

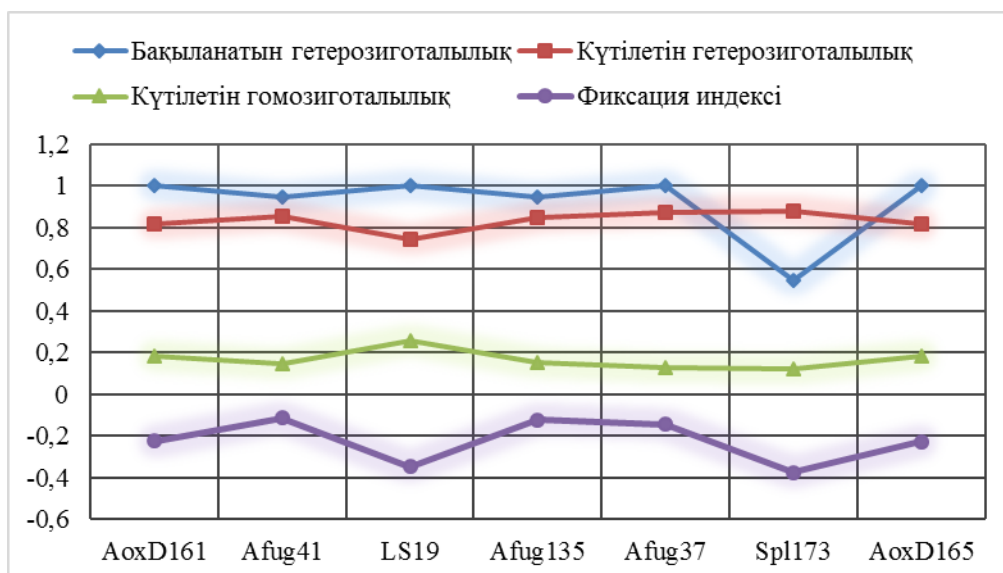
Біздің мәліметтерімізге сәйкес, Afug135 локусындағы сібір бекіресінің тобы өте жоғары күтілетін және бақыланатын гетерозиготалықпен сипатталды – 0,846 және 0,950. Керісінше, *Acipenser fulvescens* көл бекіресінде осы көрсеткіштердің орташа деңгейі байқалды, гетерозиготалығы (0,67) күтілгеннен төмен болды (0,72).

Біздің нәтижелеріміз B. Welsh et al. деректерімен байланысты, сонымен, олар зерттеген *Acipenser fulvescens* көл бекіресінің тобында Afug37 локусы жоғары күтілетін және бақыланатын гетерозиготалықпен сипатталды 0,98 және 1,0. Сонымен қатар, күтілетін және бақыланатын гетерозиготалықтың ең жоғары мәндері сәйкесінше Afug41 локусында 0,99 және 1,0 ие болды.

AoxD161 локусындағы сібір бекіресінің зерттелген тобы күтілетін гетерозиготалықтың 0,817 деңгейімен сипатталды. Алынған мәліметтер А.Е. Барминцеваның нәтижелерімен байланысты, соған сәйкес сібір бекіресінің ресейлік популяциясындағы гетерозиготалық деңгейі де жоғары болды (0,99). А.Е. Барминцевамен бірлескен авторлармен зерттелген жұмысында бекіре балықтардың барлық дерлік түрлері осы көрсеткіштің жоғары мәндеріне ие болғанын атап өтуге болады. AoxD161 локусындағы атлантикалық *Acipenser oxyrinchus* бекіресі күтілетін гетерозиготалықтың төменгі деңгейімен сипатталды – 0,791, ал бақыланатын гетерозиготалықтың мәні төмен болды және 0,714-ті құрады.

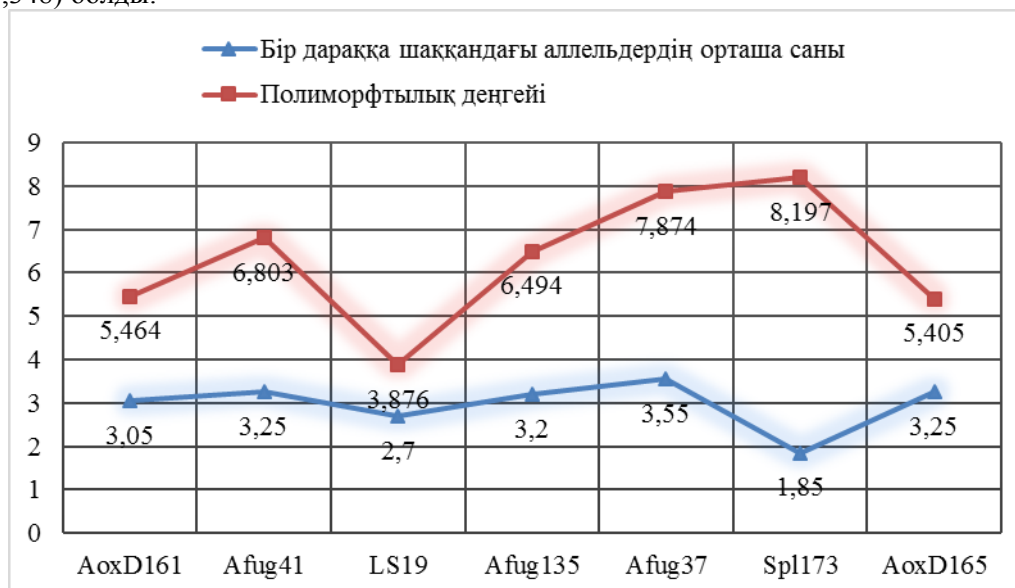
AoxD165 локусы бойынша біз зерттеген сібір бекіресінің тобында күтілетін гетерозиготалықтың мәні 0,815 болды, бұл авторлармен бірлесіп жасаған А.Е. Барминцеваның мәліметтеріне сәйкес келеді. Ресейде мекендейтін сібір бекіресін зерттеу бойынша – 0,96-ны құрады [19]. Олар зерттеген бекіре тұқымдас балықтардың басқа топтарында *Huso Huso* – 0,34 қортпа балығын қоспағанда, күтілетін гетерозиготалығы жоғары болды. Henderson-Arzapalo A., *Acipenser oxyrinchus* атлантикалық бекіре балығын зерттей отырып, AoxD161 локусы үшін күтілетін гетерозиготалықтың мәні 0,853, ал бақыланатын мәні төменірек 0,733 болды.

Осылайша, күтілетін гетерозиготалылық деңгейінің (He) мәндеріне қатысты Spl173 локусы (0,878) ең жоғарғы деп сипатталды, ал ең төменгі мән LS19 локусында (0,742), AoxD161, LS19, Afug37 және AoxD165 локустары жоғары бақыланатын гетерозиготалықпен (Ho) сипатталды. Сонымен, осы локустар үшін барлық зерттелген дарақтар гетерозиготалы болды, сәйкесінше бақыланатын гетерозиготалылық деңгейі 1 болды. Бақыланатын гетерозиготалылықтың ең төменгі мәні Spl173 локусында – 0,550 болды (сурет 5).



Сурет 5 – ТСКеҚ жағдайында өсірілетін сібір бекіресінің микросателлиттік STR-локустарының полиморфизмінің сипаттамасы (бақыланатын гетерозиготалылық, күтілетін гетерозиготалылық, күтілетін гомозиготалылық, фиксация индексі)

Фиксация индексі (Fis) жеке популяцияның жеке дарактары мен жалпы популяция арасындағы байланысты орнатуға мүмкіндік береді. Fis индексінің оң мәні берілген популяцияда гетерозиготалардың жетіспеушілігін көрсетеді, ал индекстің теріс мәні гетерозиготалардың артық екенін көрсетеді. Фиксация индексі (Fis) деректерін талдау Sp1173 локусы (Fis=0,374) тепе-теңдіктің гетерозиготалардың жетіспеушілігіне қарай ығысуымен сипатталатынын көрсетті. Барлық басқа жағдайларда күтілетін (He) бойынша бақыланатын гетерозиготалықтың (Ho) таралуының басқа дәрежесі, LS19 локусындағы максимум (Fis=-0,348) болды.



Сурет 6 – ТСКЕҚ жағдайында өсірілетін сібір бекіресінің зерттелетін тобының микросателлиттік STR локустарының полиморфизмінің сипаттамасы (бір даракқа шаққандағы аллельдердің орташа саны, полиморфтылық деңгейі)

6-шы суретте зерттелетін локустардың орташа полиморфтылық деңгейі 5,952 болғаны көрсетілген. Полиморфизмнің ең жоғары деңгейі Spl173 локусында (8,197), ең төменгісі LS19 локусында (3,876) байқалды.

Қорытынды. Осылайша, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің Ихтиология және акваөсіру зертханасының ТСКЕҚ жағдайында өсірілетін сібір бекіресіндегі STR-локустарының полиморфизмін бағалау зерттелетін топта күтілетін және бақыланатын гетерозиготалықтың, сондай-ақ фиксация индексі (Fis) көрсеткішінің арақатынасы олардағы гетерозиготалардың артық екендігін және STR-локустар бойынша генетикалық әртүрліліктің жоғары «қоры» бар екендігін көрсетеді. Сібір бекіресінің анықталған генетикалық ерекшеліктері мен олардың шығу тегі мен генетикалық әртүрлілігін зерттеу үшін қосымша ақпарат береді.

Ғылыми-зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім Министрлігінің Ғылым комитетінің 2022-2024 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобаларды гранттық қаржыландыру шеңберінде «6. Өмір және денсаулық туралы ғылымдар» басым бағыты «6.1 Қазақстанның генетикалық ресурстарын зерделеу, сақтау және ұтымды пайдалану. Мониторинг пен қоршаған ортаны қорғаудың инновациялық тәсілдері» мамандандырылған ғылыми бағыттағы AP14870980 «Тұйық сумен жабдықтау қондырғыларында өсірілетін бекіре балықтары мен олардың будандарының генетикалық құрылымының ерекше ерекшеліктерін зерттеу» және 07.09.2021 жылы жасалған № 05-02/100 келісім-шартына «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС-мен бойынша Қазақстан Республикасы Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің Балық шаруашылығы комитетімен 03.09.2021 жылы жасалған № 253 келісім-шартына сәйкес 267 «Ғылыми-зерттеулер және біліктіліктің қолжетімділігін арттыру» бюджеттік бағдарламасының, 101 «Бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру шеңберіндегі ғылыми зерттеулер жүргізу» ішкі бағдарламасын 156 «Зерттеулер мен консалтингтік қызметтерді

төлеу» ерекшелігі іске асыру мақсатында «ҚР бекіре балық өсіру шаруашылықтары жағдайында олардың генетикалық әртүрлілігін ескере отырып, бекіре балықтарының жөндеу-аналық үйірлерін қалыптастыру және тиімді пайдалану» жобалары бойынша жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н., Григорьев В.А. Состояние и особенности товарной аквакультуры в Южном макрорегионе России // Материалы Международной научной конференции «Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России». – Ростов н/Д.: 2014, – С. 232-236.

2 Сергалиев Н.Х., Выращивание молоди русского осетра и шипа Урало-Каспийской популяции в бассейнах / Н.Х. Сергалиев, М.Ж. Шукуров, А.Н. Туменов, Б.Т. Сариев // Проблемы воспроизводства осетровых в среднем течении реки Урал и пути их решения: мат. докл. междунар. науч.-практ. конф. / ЗКАТУ. – Уральск, 2009. – Ч. I. – С. 95-97.

3 Гинаятов Н.С., Выявление в участках УЗВ резервуаров возбудителя инфекционной патологии осетровых рыб / Н.С. Гинаятов, И.Н. Залялов, Н.Х. Сергалиев // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны», 2016. – С.49-50.

4 Программа развития рыбного хозяйства на 2021-2030 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 5 апреля 2021 года № 208.

5 Nazari S., Pourkazemi M., Khoshkholgh M.R. Analysis of the genetic structure of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) populations: Comparison of control region sequencing and PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA // Iranian Journal of Fisheries Sciences, 2020. – V. 19(6). – P. 3201-3220.

6 Khoshkholgh M., Nazari S., The genetic diversity and differentiation of narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda: Astacidea: Astacidae) in the Caspian Sea Basin, Iran as determined with mitochondrial and microsatellite DNA markers // Journal of Crustacean Biology, 2019. – V. 39(2), – P. 112-120.

7 Wirgin I., Waldman J.R., Rosco J., Gross R., Collins M.R., Rogers S.G., Stabile J., Genetic Structure of Atlantic Sturgeon Populations Based on Mitochondrial DNA Control Region Sequences // Transactions of the American Fisheries Society, 2000. – V. 129. – P. 476-486.

8 Wang X., Weng Z., Yang Y., Hua S., Zhang H., Meng Z. Genetic evaluation of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) stock enhancement in the south china sea based on microsatellite DNA markers. Fishes 2021, – V. 6, – P. 47.

9 Pandolfi V.C.F., Yamachita A.L., de Souza F.P. et al. Development of microsatellite markers and evaluation of genetic diversity of the Amazonian ornamental fish *Pterophyllum scalare*. Aquacult Int. 2021. – V. 29. – P. 2435-2449.

10 Roques S., Berrebi P., Rochard E., Accolas M., Genetic monitoring for the successful restocking of species with low diversity: The case of the critically endangered European sturgeon, *Acipenser sturio* // Biological Conservation, 2018. – V. 221, – P. 91-102.

11 Wirgin I., Roy N.K., Maceda L., Mattson M. DPS and population origin of subadult Atlantic sturgeon in the Hudson River // Fisheries Research, 2018. – V. 207, – P. 165-170.

12 Шалгимбаева Г.М. Генетическое разнообразие севрюги реки Урал/ Г.М. Шалгимбаева, А.Е. Барминцева, Л.Н. Мюге, К.Б. Исбеков, Н.С. Мюге // Труды ВНИРО, 2018. – Т. 171. – С. 95-105.

13 Barmintseva A.E. and Myuge N.S., Natural genetic polymorphism and phylogeography of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Russian Journal of Genetics, 2017. – V. 53(3). – P. 358-368. DOI: 10.1134/S1022795417030024

14 Мюге Н.С. Полиморфизм контрольного региона митохондриальной ДНК восьми видов осетровых и разработка системы ДНК-идентификации видов / Н.С. Мюге, А.Е. Барминцева, С.М. Расторгуев, В.Н. Мюге, В.А. Барминцев // Генетика. 2008. – Т. 44. – С. 1-7.

15 Nei M., Tajima F., Tatenno Y. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. II. Gene frequency data // Journal of Molecular Evolution. – 1983. – Vol. 19. – P. 153–170.

16 Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (*Acipenseridae*) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика. – 2013. – Т. 49. – № 9. – С. 1093-1105.

17 Козлова Н., Базелюк Н., Файзулина Д., Стоногина Е. Применение молекулярно-генетических исследований в аквакультуре осетровых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2013. - №.3. - С. 113-117.

18 Welsh A.B., Blumberg M., May B. Identification of microsatellite loci in lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, and their variability in green sturgeon, *A. medirostris* // Mol. Ecol. Notes, 2003. – V. 3. – P. 47-55.

19 Georgescu S.E., Canareica O., Dudu A., Costache M. Analysis of the microsatellite variation in the common hybrid between russian sturgeon (*Acipenser Gueldenstaedtii*) and siberian sturgeon (*Acipenser Baerii*) from aquaculture // Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. – 2013. – V. 15.2. – P. 117-124.

20 Henderson-Arzapalo A., King T.L. Novel microsatellite markers for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) population delineation and broodstock management // Molecular Ecology Notes. – 2002. -V. 2. – P. 437-439.

REFERENCES

1 Ponomareva E.N., Sorokina M.N., Grigorev V.A. Sostoyanie i osobennosti tovarnoi akvakultury v Yuzhnom makroregione Rossii // Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferencii «Aktualnye voprosy rybnogo hozyaistva i akvakultury basseinov yuzhnyh morei Rossii». – Rostov n/D.: 2014, – St. 232-236.

2 Sergaliev N.H. Vyrashchivanie molodi russkogo osetra i shipa Uralo-Kaspiiskoi populyacii v basseinaх / N.H. Sergaliev, M.Zh. Shukurov, A.N. Tumenov, B.T. Sariev // Problemy vosproizvodstva osetrovyyh v srednem techenii reki Ural i puti ih resheniya: mat. dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / ZKATU. – Uralsk, 2009. – Ch. I. – St. 95-97.

3 Ginayatov N.S., Vyyavlenie v uchastkah UZV rezervuarov vozbuditelya infekcionnoi patologii osetrovyyh ryb / N.S. Ginayatov, I.N. Zalyalov, N.H. Sergaliev // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchennyh «Znaniya molodyh dlya razvitiya veterinarnoy mediciny i APK strany», 2016. – St.49-50.

4 Programma razvitiya rybnogo hozyaistva na 2021-2030 gody. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazahstan ot 5 aprelya 2021 goda № 208.

5 Nazari S., Pourkazemi M., Khoshkholgh M.R. Analysis of the genetic structure of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) populations: Comparison of control region sequencing and PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA // Iranian Journal of Fisheries Sciences, 2020. – V. 19(6). – P. 3201-3220.

6 Khoshkholgh M., Nazari S., The genetic diversity and differentiation of narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda: Astacidea: Astacidae) in the Caspian Sea Basin, Iran as determined with mitochondrial and microsatellite DNA markers // Journal of Crustacean Biology, 2019. – V. 39(2), – P. 112-120.

7 Wirgin I., Waldman J.R., Rosco J., Gross R., Collins M.R., Rogers S.G., Stabile J., Genetic Structure of Atlantic Sturgeon Populations Based on Mitochondrial DNA Control Region Sequences // Transactions of the American Fisheries Society, 2000. – V. 129. – P. 476-486.

8 Wang X., Weng Z., Yang, Y., Hua S., Zhang H., Meng Z. Genetic evaluation of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) stock enhancement in the south china sea based on microsatellite DNA markers. Fishes 2021, – V. 6, – P. 47.

9 Pandolfi V.C.F., Yamachita A.L., de Souza F.P. et al. Development of microsatellite markers and evaluation of genetic diversity of the Amazonian ornamental fish *Pterophyllum scalare*. Aquacult Int. 2021. – V. 29. – P. 2435-2449.

10 Roques S., Berrebi P., Rochard E., Accolas M., Genetic monitoring for the successful restocking of species with low diversity: The case of the critically endangered European sturgeon, *Acipenser sturio* // Biological Conservation, 2018. – V. 221, – P. 91-102.

11 Wirgin I., Roy N.K., Maceda L., Mattson M. DPS and population origin of subadult Atlantic sturgeon in the Hudson River // Fisheries Research, 2018. – V. 207, – P. 165-170.

12 Shalgimbaeva G.M. Geneticheskoe raznoobrazie sevryugi reki Ural / G.M. Shalgimbaeva, A.E. Barminceva, L.N. Myuge, K.B. Isbekov, N.S. Myuge // Trudy VNIRO, 2018. – T. 171. – St. 95-105.

13 Barmintseva A.E. and Myuge N.S. Natural genetic polymorphism and phylogeography of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Russian Journal of Genetics, 2017. – V. 53(3). – P. 358-368. DOI: 10.1134/S1022795417030024

14 Myuge N.S. Polimorfizm kontrolnogo regiona mitohondrialnoi DNK vosmi vidov osetrovyyh i razrabotka sistemy DNK-identifikatsii vidov / N.S. Myuge, A.E. Barminceva, S.M. Rastorguev, V.N. Myuge, V.A. Barmincev // Genetika. 2008. – T. 44. – St. 1-7.

15 Nei M., Tajima F., Tatenko Y. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. II. Gene frequency data // Journal of Molecular Evolution. – 1983. – Vol. 19. – P. 153–170.

16 Barminceva A.E., Myuge N.S. Ispolzovanie mikrosatelitnykh lokusov dlya ustanovleniya vidovoi prinadlezhnosti osetrovyyh (*Acipenseridae*) i vyyavleniya osobei gibridnogo proiskhozhdeniya // Genetika. – 2013. – T. 49. – № 9. – St. 1093-1105.

17 Kozlova N., Bazelyuk N., Faizulina D., Stonogina E. Primenenie molekulyarno-geneticheskikh issledovaniy v akvakulture osetrovyyh ryb // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo. - 2013. - № 3. - St. 113-117.

18 Welsh A.B., Blumberg M., May B. Identification of microsatellite loci in lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, and their variability in green sturgeon, *A. medirostris* // Mol. Ecol. Notes, 2003. – V. 3. – P. 47-55.

19 Georgescu S.E., Canareica O., Dudu A., Costache M. Analysis of the microsatellite variation in the common hybrid between russian sturgeon (*Acipenser Gueldenstaedtii*) and siberian sturgeon (*Acipenser Baerii*) from aquaculture // Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. – 2013. – V. 15.2. – P. 117-124.

20 Henderson-Arzapalo A., King T.L. Novel microsatellite markers for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) population delineation and broodstock management // Molecular Ecology Notes. – 2002. -V. 2. – P. 437-439.

ТҮЙІН

Акваөсірудің тұрақты дамуы үшін өндірістік жағдайларға неғұрлым бейімделген, өнімділігі анағұрлым жақсартылған балықтарды шығаруға және құнды балық түрлерінің генетикалық әртүрлілігін сақтауға бағытталған селекциялық-генетикалық жұмыстарды жүргізудің өзектілігі артып келеді. Бұл мақалада бекіре балықтардың ДНҚ-ның 7 микросателлиттік локусы бойынша полиморфизмді бағалау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген, онда 69 аллель анықталған, олардың саны 6-дан (Ls19 локусы) 12-ге дейін (Afug37 локусы) аллельді құрайды. Afug135 және Afug37 локустары бойынша күтілетін және бақыланатын гетерозиготалығы айтарлықтай жоғары – тиісінше 0,846 және 0,950, 0,98 және 1,0 сипатталды, бұдан басқа, Afug41 – 0,99 және 1,0 локусы да осындай жоғары мәндерге ие болды. Локус бойынша AoxD161 күтілетін гетерозиготалылықтың деңгейі 0,817-ге тең, ал AoxD165 локусы бойынша күтілетін гетерозиготалылықтың мәні 0,815 болды. Гетерозиготалықтың күтілетін деңгейінің мәндеріне қатысты максимуммен Spl173 (0,878) локусы сипатталды, ал ең төменгі мән LS19 (0,742) локусында белгіленді, ең жоғары бақыланатын гетерозиготалықпен (Ho) AoxD161, LS19, Afug37 және AoxD165 локустары сипатталды. Сонымен, осы жерлерде зерттелген барлық дарақтар гетерозиготалы болды, сәйкесінше бақыланатын гетерозиготалықтың деңгейі 1-ге тең болды. Бақыланатын гетерозиготалықтың ең төмен мәні Spl173 локусында 0,550-ді құрады. Алынған нәтижелер негізінде зерттелетін локустардың полиморфтылық деңгейінің орташа көрсеткіші – 5,952; полиморфизмнің ең жоғары деңгейі Spl173 локусында – 8,197, ең төмені LS19 локусында – 3,876-ны құрады.

ТСҚеҚ жағдайында өсірілген сібір бекірелеріндегі STR локустарының полиморфизмін бағалау зерттелетін топта күтілетін және бақыланатын гетерозиготалық, сондай-ақ фиксация индексінің (Fis) көрсеткішінің арақатынасы, олардағы гетерозиготалардың артық екендігін және STR локустары бойынша генетикалық әртүрліліктің жоғары «қорын» көрсетеді.