

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

© О.В. ЕНОКТАЕВА, Л.Ф. КАЛЕНОВА, А.М. СУББОТИН

Тюменский научный центр СО РАН (г. Тюмень)
peshkanova@mail.ru

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ МЕТАБОЛИТОВ *Bacillus sp.* ИЗ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЭМБРИОНОВ РЫБ

THE EFFECT OF METABOLITES *Bacillus sp.* FROM PERMAFROST ON THE SURVIVAL OF FISH EMBRYOS

АННОТАЦИЯ. Антропогенная нагрузка на естественные водоемы приводит к сокращению численности природных популяций гидробионтов. Рассматриваются литературные и собственные данные, свидетельствующие о положительном воздействии факторов биологической природы на эмбриогенез рыб. В качестве биологического метода в данной работе изучается действие метаболитов *Bacillus sp.* штамма MG8, выделенных из образцов многолетнемерзлых пород Центральной Якутии при добавлении их к половым продуктам и к эмбрионам вьюна *Misgurnus fossilis L.*, развивающихся из икры низкого качества. Рассмотрены следующие критерии развития, характеризующие ранний онтогенез рыб: качество икры, способность овулировавших яйцеклеток к оплодотворению и нормальному развитию, выживаемость эмбрионов, выживаемость предличинок в момент выхода их из оболочек.

В ходе работы определена концентрация метаболитов, повышающая выживаемость эмбрионов рыб. Проанализированы три метода добавления метаболитов к половым продуктам, наиболее эффективным из которых является добавление их к спермиям и в период эмбрионального развития.

SUMMARY. Anthropogenic impact on the natural water leads to a decrease in the natural population of hydrobionts. Scientific reference and own data are considered with respect to the positive impact of the biological factors on the embryogenesis of fish. Seen as a biological method, in this paper the effect of metabolites *Bacillus sp.* strain MG8 are studied. The microorganisms were isolated from samples of permafrost in Central Yakutia. The metabolites were added to sexual products and embryos of the loach *Misgurnus fossilis L.*, which developed from the eggs of poor quality. The following criteria of development, characterizing early ontogenesis of fish, are considered: the quality of eggs, the ability to fertilize ovulated eggs and their normal development, the survival of embryos, the survival of prelarvae when they come out of their shells.

During the research the concentration of metabolites, which increases the survival of fish embryos, developing from eggs of poor quality, was evaluated. Three methods of adding metabolites to sexual products were examined, and it is concluded that the most effective method is to add them to sperm with subsequent addition during the early ontogenesis.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. *Метаболиты микроорганизмов, эмбриогенез рыб.*
KEY WORDS. *Microbial metabolites, fish embryogenesis.*

Антропогенная нагрузка на естественные водоемы нередко приводит к снижению численности рыб. Это обусловлено тем, что у рыб происходит замедление развития гонад [1]. В периоды протоплазматического и трофоплазматического роста ооцитов наблюдается разрушение оболочек икры [2] и происходит массовая гибель икры во время инкубации на натуральных нерестилищах [3].

Знание объективных требований развивающегося организма позволяет вносить усовершенствования в биотехнологию рыбоводного процесса. С целью получения необходимого количества рыбопосадочного материала важно соблюдать эколого-физиологический оптимум для каждого вида рыб и разрабатывать новые методы инкубации икры, повышающие жизнеспособность молоди [4].

В литературе описано положительное воздействие микроорганизмов из многолетнемерзлых пород (ММП) на иммунофизиологические показатели, качество и продолжительность жизни млекопитающих [5] и физиологическую активность инфузорий [6]. При этом отсутствуют данные о влиянии продуктов метаболизма микроорганизмов ММП на рыб. Поэтому целью настоящей работы явилась оценка влияния продуктов метаболизма микроорганизмов *Bacillus sp.* штамма MG8, выделенных из образцов ММП, на эмбрионы вьюна, развивающиеся из икры низкого качества.

Материалы и методы. Объектом исследования служил вьюн *Misgurnus fossilis L.* Зрелые яйцеклетки получали с помощью инъекций хорионического гонадотропина по стандартной методике [7]. Вьюны для эксперимента были предоставлены кафедрой эмбриологии МГУ, до этого рыба была выловлена из естественного водоема Мещерского заповедника Рязанской области. Эксперименты проводили с икрой низкого качества: выживаемость эмбрионов к концу эмбриогенеза в контроле была ниже 10%. В эксперимент вводили по 2000-2500 эмбрионов вьюна от одной пары производителей. Во всех вариантах было по 4 повторности. Оплодотворенные яйцеклетки по 100-120 экземпляров на повторность помещали в чашки Петри, заполненные слоем воды толщиной 4-5 мм. Инкубацию икры до этапа вылупления проводили в термостате при $t = 16-18^{\circ}\text{C}$. Наблюдение за ходом эмбрионального развития вьюна производилось с принятой для этого вида периодизацией [7]. Процент эмбрионов на определенной стадии развития и процент эмбрионов с отклонениями в развитии высчитывали от количества живых особей в варианте на данный момент времени. Процент живых особей рассчитывали от исходного количества яйцеклеток. Воду и раствор метаболитов меняли ежедневно 3 раза в сутки. Прижизненные наблюдения за эмбрионами проводили с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа МБС-9.

В качестве фактора воздействия на эмбриогенез рыб использовали продукты метаболизма микроорганизмов *Bacillus sp.* штамм MG8, выделенных из ММП Центральной Якутии. Нуклеотидная последовательность штамма

16S rRNA бацилла была депонирована в DDBJ/EMBL/GeneBank под номером AV 178889, идентификационный номер 20040510203204.24251.

Методика культивирования бактерий и приготовления препарата, содержащего метаболиты.

Штамм бактерий высевали в 5 пробирок на питательную среду ГРМ — агар ТУ 9398-020-78095326-2006 (Оболенск) и культивировали при температуре +20°C в термостате в течение 24 часов. Затем производили смыв микроорганизмов из каждой пробирки 5 мл дистиллированной воды. Концентрацию микроорганизмов определяли культуральным методом предельных разведений по количеству колониеобразующих единиц (КОЕ) на агаризованной питательной среде в чашках Петри. После определения количества клеток бактерий в исходной суспензии плотность культур доводили до рабочей концентрации.

Готовую рабочую суспензию бактериальных клеток помещали в холодильник с температурой -5°C на 72 часа. Метаболиты получали методом фильтрования бактериальной взвеси через фильтр фирмы «Millipore» (США) с диаметром пор 0,22 мкм (Dugapore membrane filters, type 0.22 mm GV).

Исследование влияния концентраций метаболитов на продолжительность эмбриогенеза вьюна проводилось следующим образом. Готовили по вышеописанной методике метаболиты из 3 концентраций микробных клеток: 1×10^6 м.к./мл (МБ-1), 10×10^6 м.к./мл (МБ-10), 50×10^6 м.к./мл (МБ-50). Икру, полученную от одной самки, раскладывали по вариантным чашкам Петри диаметром 100 мм: контроль и 3 опытных варианта. В контроле перед оплодотворением к спермальной жидкости добавляли 1 мл дистиллированной воды, в опытных вариантах — 1 мл метаболитов соответствующей концентрации (МБ-1, МБ-10, МБ-50).

В качестве контроля в работе использовали смыв дистиллированной воды с поверхности стерильной питательной среды с последующей фильтрацией через фильтр фирмы «Millipore».

В данной работе приведены результаты исследований с использованием концентрации 1×10^6 м.к./мл дистиллированной воды. При постановке эксперимента применяли следующие варианты опыта:

Контроль 1 (Кс) — икру оплодотворяли полусухим методом по Врасскому, добавляя к спермиям 1 мл дистиллированной воды за 30 сек до оплодотворения.

Контроль 2 (Ки/с) — к икре и спермиям добавляли по 1 мл дистиллированной воды за 30 сек до оплодотворения.

Опыт 1 (Ос) — к спермиям добавляли 1 мл метаболитов в концентрации 1×10^6 м.к./мл за 30 сек до оплодотворения.

Опыт 2 (Ои) — к неоплодотворенной икре добавляли 1 мл метаболитов в концентрации 1×10^6 м.к./мл за 30 сек до оплодотворения.

Опыт 3 (Ои/с) — к икре и спермиям добавляли по 1 мл метаболитов в концентрации 1×10^6 м.к./мл за 30 сек до оплодотворения.

Статистическую обработку полученных результатов проводили при помощи стандартных статистических пакетов «SPSS 11.5 for Windows» (среднее значение, дисперсия средних, критерий Стьюдента).

Результаты и их обсуждение. Известно, что положительное действие различных стимуляторов проявляется именно на икре низкого качества [8, 9, 10]. На предварительном этапе исследования было определено, что концентрация

1×10^6 м.кл./мл дистиллированной воды метаболитов *Bacillus* sp. штамма MG8 повышает жизнеспособность эмбрионов вьюна, развивающихся из икры низкого качества (табл. 1).

Таблица 1

Влияние концентрации МБ на продолжительность эмбриогенеза вьюна

Группы	Процент оплодотворенной икры через 2 часа после оплодотворения	Продолжительность эмбриогенеза	Процент особей, завершивших эмбриогенез
К	78±1,8	4 суток	1,6±0,5
МБ-1	76±1,9	4 суток	1,5±0,5
МБ-10	58±2,2*	2 суток	0*
МБ-50	55±2,2*	1 сутки	0*

Примечание: * — достоверность различия с интактным контролем ($p < 0,01$).

Процент оплодотворения икры был высоким во всех вариантах (табл. 2). Через 6 часов после оплодотворения (стадия морулы) количество эмбрионов с отклонениями в развитии (аномальное дробление blastomeres, отрыв одиночных blastomeres и перемещение их в перивителлиновое пространство) было больше в опытных вариантах (Ос 20,5±1,8%; Ои 18,9±1,8%; Ои/с 20,2±1,8%), чем в контроле.

Известно, что наибольшее число аномальных митозов регистрируется на стадиях средней и мелкоклеточной морулы [2]. Это объясняет большую гибель эмбрионов в эксперименте через 24 часа после оплодотворения, когда эмбрионы во всех вариантах находились на 13-17 стадиях развития (обрастание желтка blastodermой). Количество эмбрионов с отклонениями в развитии было выше в опытных вариантах: Ос 10,2±1,4%; Ои 14,1±2,4%; Ои/с 8,9±1,6%, чем в контроле. Наименьшее количество живых особей было в варианте Ос (12,6±1,5%), что обусловлено гибелью эмбрионов с отклонениями в развитии.

Через 42 часа после оплодотворения в вариантах Ои и Ои/с некоторые эмбрионы отставали в развитии. Они находились на 20 стадии (завершение обрастания желтка blastodermой). У остальных особей во всех вариантах образовывались туловищные сомиты (21-24 стадии). Из-за высокой смертности аномально развивающихся особей количество живых эмбрионов было достоверно ниже в вариантах Ос (6,7±1,1%) и Ои/с (4,3±0,9%). При этом количество эмбрионов с отклонениями в развитии в варианте Ос составило 11,4±1,4%, в варианте Ои/с — 21±1,8%. Достоверных различий по количеству эмбрионов с отклонениями между контролем и вариантом Ои не наблюдалось.

Таблица 2

Динамика выживаемости эмбрионов вьюна в эксперименте

Часы	Стадии	Количество особей на определенных стадиях развития (%)				
		Кс	Ос	Ки/с	Ои	Ои/с
2	1-1,5	100	100	100	100	100
	Отклонения	0	0	0	0	0
	Живые особи (%)	98,6±0,7	99,7±0,5	99,2±0,4	99,6±0,3	99±0,5

Окончание табл. 2

6	6	87,7±1,7	79,5±1,8**	85,5±1,6	81,1±1,8	79,8±1,8*
	Отклонения	12,3±1,7	20,5±1,8**	14,5±1,6	18,9±1,8	20,2±1,8*
	Живые особи (%)	83,7±1,7	81±1,8	84,2±1,7	77,9±1,9	79,6±1,8
24	13-14	73±2	65,2±2,1*	80,7±1,8	64±2,2**	73±2*
	15	19,8±1,8	22,3±1,9	7,8±1,2	19,7±1,8**	16,8±1,7**
	17	2±0,6	2,3±0,7	4,2±0,9	2,2±0,7	1,3±0,5*
	Отклонения	5,2±1	10,2±1,4*	7,3±1,4	14,1±2,4*	8,9±1,6
	Живые особи (%)	35,8±2,2	12,6±1,5**	26,8±2	29,4±2	24±1,9
42	20	0	0	0	20±1,8**	13,4±1,5**
	21-22	73,7±2	88,6±1,4**	78,5±1,8	35,5±2,1**	55,6±2,2**
	23-24	0	0	5,7±1,1	28,9±4,1**	10±1,4*
	Отклонения	26,3±2	11,4±1,4**	15,8±1,6	15,6±1,6	21±1,8*
	Живые особи (%)	13,2±1,5	6,7±1,1**	7,7±1,4	10,9±1,4	4,3±0,9*
63	24-25	30,8±2	14,2±1,6**	0	0	0
	27	53,8±2,2	28,6±2**	0	0	75±2**
	30-31	15,4±1,6	28,6±2**	66,6±2,1	33,3±2,1**	12,5±1,5**
	33-34	0	0	33,3±2,1	58,4±2,2**	0**
	Отклонения	0	28,6±2**	0	8,3±1,2**	12,5±1,6**
	Живые особи (%)	8±1,2	5,3±1	7,2±1,2	10±1,4	6,8±1,1
87	30-32	0	0	0	40±2,2**	0
	33-34	0	0	0	60±2,2**	0
	37	100	100	45,5±2,2	0**	16,7±2,8**
	Отклонения	0	0	54,5±2,2	0**	83,3±2,8**
	Живые особи (%)	1,8±0,6	4,2±0,9*	4±0,9	9,2±1,3**	5,2±1

Примечание: достоверность отличия опыта от интактного контроля (* — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$).

На 63-й час эмбриогенеза в опытных вариантах Ос и Ои эмбрионы развивались быстрее, чем в контроле. В варианте Ос 14,2±1,6% особей находились на 24-25 стадиях (появление туловищных сомитов) и 28,6±2% на 30-31 стадиях (увеличение головного отдела эмбриона), тогда как в варианте Кс на 24-25 стадиях было 30,8±2% эмбрионов, на 30-31 стадиях — 15,4±1,6%. В варианте Ои 33,3±2,1% эмбрионов были на 30-31 стадиях и 58,4±2,2% на 33-34 стадиях (обособление хвостового отдела), в варианте Ки/с на 30-31 стадиях было 66,6±2,1% эмбрионов, на 33-34 стадиях — 33,3±2,1%. В варианте Ои/с эм-

брионы отставали в развитии (75% особей находились на 27 стадии развития, когда начинается формирование хрусталика). В контроле особей с отклонениями в развитии не было, в опытных вариантах их количество составило: Ос 28,6±2%; Ои 8,3±1,2%; Ои/с 12,5±1,6%. Достоверных различий по количеству живых эмбрионов между контрольными и опытными вариантами не установлено.

Через 87 часов после оплодотворения во всех вариантах наблюдалось массовое вылупление предличинок (37 стадия). В варианте Ои у эмбрионов произошла задержка в развитии (40±2,2% на 30-32 стадиях, 60±2,2% на 33-34 стадиях), вследствие чего они не смогли синхронно с остальными завершить эмбриогенез, в дальнейшем большая часть из них погибла. В варианте Ои/с все эмбрионы находились на 37 стадии, но только 16,7±2,8% особей были без отклонений в развитии.

Учитывая количество вылупившихся предличинок без отклонений в развитии, наиболее эффективным способом обработки, повышающим жизнеспособность эмбрионов, развивающихся из икры низкого качества, является обработка метаболитами сперматозоидов с последующим добавлением их в ходе эмбриогенеза. Об этом свидетельствует то, что в вариантах Кс и Ос на 87-й час после оплодотворения все особи имели нормальное строение тела, но процент живых особей от исходного количества яйцеклеток, введенных в эксперимент, было в 2,3 раза выше в опытном варианте Ос (4,2±0,9%), чем в Кс.

Имеются данные [8], что положительное действие стимуляторов на икру рыб влияет на развитие изначально нормально дробящихся эмбрионов, оказывая определенно корректирующее действие, приводя к уменьшению количества аномально развивающихся зародышей. Можно предположить, что усвоенные эмбрионами метаболиты концентрировались в перевителлиновом пространстве и желточной массе и способствовали проявлению ранних генетических аномалий, что приводило к массовой гибели эмбрионов с отклонениями в развитии в опытных вариантах и увеличению доли предличинок с нормальным строением тела.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют, что при добавлении продуктов метаболизма микроорганизмов *Bacillus sp.* штамма МГ 8 концентрацией 1×10^6 м.кл./мл дистиллированной воды к половым продуктам и на протяжении всего эмбриогенеза наиболее эффективным способом, повышающим выживаемость эмбрионов, развивающихся из икры низкого качества, является активизация метаболитами спермиев. Однако, для получения более развернутых результатов и полноценного обобщения требуется проведение дополнительных серий экспериментов, в которых необходимо определить минимальную концентрацию метаболитов и период их добавления к половым продуктам и эмбрионам рыб для повышения их выживаемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукина Ю.Н., Лукин А.А. Сезонная динамика оогенеза сига (*Coregonus lavaretus* L.) в субарктическом водоеме в условиях хронического антропогенного воздействия // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб: М-лы VIII междуна. научно-производственного совещания. Тюмень, 2013. С. 130-135.
2. Биологические основы рыбоводства: учеб. пособие / Под ред. И.С. Мухачева. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2005. 300 с.
3. Кольман Р., Лучински М., Щепковски М., Здановски Б. Биотехнология управления сроком выклева личинок ряпушки *Coregonus albula* // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб: М-лы VIII междуна. научно-производственного совещания. Тюмень, 2013. С. 109-114.
4. Егоров Е.В., Ростовцев А.А., Зайцев В.Ф., Глушко С.В. Современное состояние товарного рыбоводства и искусственного воспроизводства сиговых рыб в Новосибирской области // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб: М-лы VIII междуна. научно-производственного совещания. Тюмень, 2013. С. 67-72.
5. Бажин А.С., Субботин А.М., Каленова Л.Ф. Исследование влияния некоторых штаммов бактерий, выделенных из многолетнемерзлых пород на иммунофизиологические показатели беспородных белых мышей // Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире: М-лы X междуна. конф. по мерзлотоведению: в 5 т. Тюмень, 2012. С. 21-22.
6. Субботин А.М., Гнатченко Л.Н., Петухова Г.А. Исследование физиологических параметров культуры инфузорий *Paramecium caudatum* при воздействии фильтратов бактериальной культуры рода *Acinetobacter* // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12. С. 149-150.
7. Костомарова А.А. Объекты биологии развития. Вьюн. М.: Наука, 1975. С. 308-323.
8. Бурлаков А.Б., Аверьянова О.В., Пашенко В.З., Тусов В.Б., Голиченков В.А. Лазерная коррекция эмбрионального развития вьюна // Вестник московского университета. Сер. 16. Биология. 1997. № 1. С. 19-23.
9. Селюков А.Г., Солодилов А.И., Елькин В.П. Слабые взаимодействия и рогомостаз живых систем. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. 192 с.
10. Горюнова А.И., Богданович М.В. Влияние пенициллина на развивающуюся икру рыб при кратковременном его воздействии // Биологическая разнокачественность и рост некоторых видов сиговых и карповых рыб: Академия наук СССР, Уральский научный центр, Институт экологии растений и животных. Свердловск, 1981. С 38-45.

REFERENCES.

1. Lukina, Yu.N., Lukin, A.A. Seasonal dynamics of oogenesis of the gwyniad (*Coregonus lavaretus* L.) in the subarctic reservoir under a long-term anthropogenic impact [Sezonnaia dinamika oogeneza siga (*Soregonus lavaretus* L.) v subarkticheskom vodoeme v usloviikh khronicheskogo antropogennogo vozdeistviia]. *Biologiya, biotekhnika razvedeniia i sostoianie zapasov sigovykh ryb: M-ly VIII mezhdun. nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniia* (Biology, Biotechnology of Breeding and the Condition of Stocks of Coregonid Fish: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Meeting). Tyumen, 2013. Pp. 130-135. (in Russian).
2. *Biologicheskie osnovy rybovodstva: ucheb. posobie* [Biological foundations of fish farming: A studyguide] / Ed. by I.S. Mukhachev. Tyumen, 2005. 300 p. (in Russian).
3. Coleman, R., Lucinschi, M., Schepkovski, M., Zdanowski, B. The biotechnology of control over the term of hatching of vendace (*Coregonus albula*) larvae [Biotekhnologiya upravleniia srokom vykleva lichinok riapushki *Soregonus albula*]. *Biologiya, biotekhnika razvedeniia i sostoianie zapasov sigovykh ryb: M-ly VIII mezhdun. nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniia* (Biology, Biotechnology of Breeding and the Condition of Stocks

of Coregonid Fish: Proc. of the VIII Intern. Sci. and Practical Meeting). Tyumen, 2013. Pp. 109-114. (in Russian).

4. Egorov, E.V., Rostovtsev, A.A., Zaitsev, V.F., Glushko, S.V. The current status of fish-farming and artificial reproduction of coregonid fish in Novosibirsk region [Sovremennoe sostoianie tovarnogo rybovodstva i iskusstvennogo vosproizvodstva sigovykh ryb v Novosibirskoi oblasti]. *Biologiya, biotekhnika razvedeniia i sostoianie zapasov sigovykh ryb: M-ly VIII mezhdun. nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniia* (Biology, Biotechnology of Breeding and the Condition of Stocks of Coregonid Fish: Proc. of the VIII Intern. Sci. and Practical Meeting). Tyumen, 2013. Pp. 67-72. (in Russian).

5. Bazhin, A.S., Subbotin, A.M., Kalenova, L.F. A study of the influence of certain strains of bacteria, isolated from the permafrost, on the immunophysiological indicators of white outbred mice [Issledovanie vliianiia nekotorykh shtammov bakterii, vydelennykh iz mnogoletnemerzlykh porod na immunofiziologicheskie pokazateli besporodnykh belykh myshei]. *Resursy i riski regionov s vechnoi merzlotoi v meniaiushchemsia mire: X mezhdun. konf. po merzlotovedeniiu: v 5 t.* (Resources and Risks of the Regions with the Permafrost in the Changing World: the X Intern. Conf. on the Permafrost: in 5 Vol.). Tyumen, 2012. Pp. 21-22. (in Russian).

6. Subbotin, A.M., Gnatchenko, L.N., Petukhova, G.A.. A study of physiological parameters of *Paramecium caudatum* bacterial culture under the influence of filtrates of the bacterial culture of the genus *Acinetobacter*. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of the Orenburg State University*. 2011. № 12. Pp. 149-150. (in Russian).

7. Kostomarova, A.A. *Ob'ekty biologii razvitiia. V'iun* [Objects of Developmental Biology. The Loach (*Misgurnus fossilis* L.)]. Moscow, 1975. Pp. 308-323. (in Russian).

8. Burlakov, A.B., Averianova, O.V., Pascenco, V.Z., Tusov, V.B., Golichenkov, V.A. Laser correction of embryonic development of *Misgurnus fossilis* L. *Vestnik moskovskogo universiteta. Ser. 16. Biologiya — Bulletin of the Moscow State University. Series 16. Biology*. 1997. № 1. Pp. 19-23. (in Russian).

9. Selyukov, A.G., Solodilov, A.I., Elkin, V.P. *Slabye vzaimodeistviia i regomeostaz zhivykh sistem* [Weak interactions and re-homeostasis of living systems]. Tyumen, 2008. 192 p. (in Russian).

10. Goryunova, A.I., Bogdanovich, M.V. The effect of a short penicillin treatment on the development of fish eggs / In: *Biologicheskaiia raznokachestvennost' i rost nekotorykh vidov sigovykh i karpovykh ryb: Akedemiia nauk SSSR, Ural'skii nauchnyi tsentr, Institut ekologii rastenii i zhivotnykh* [Biological heterogeneity and growth of some species of whitefish and carp fish: USSR Academy of Sciences, the Ural Scientific Center, the Institute of Plant and Animal Ecology]. Sverdlovsk, 1981. Pp. 38-45. (in Russian).

Авторы публикации

Еноктаева Ольга Викторовна — аспирант отдела «Биоресурсы криосферы» Тюменского научного центра СО РАН (г. Тюмень)

Каленова Людмила Федоровна — главный научный сотрудник Тюменского научного центра СО РАН (г. Тюмень), доктор биологических наук

Субботин Андрей Михайлович — ведущий научный сотрудник Тюменского научного центра СО РАН (г. Тюмень), кандидат биологических наук

Authors of the publication

Olga V. Enoktaeva — Post-graduate Student, Department of «Bioresources of the Cryosphere», Tyumen Scientific Center, Russian Academy of Sciences (Siberian branch, Tyumen)

Ludmila F. Kalenova — Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Tyumen Scientific Center, Russian Academy of Sciences (Siberian branch, Tyumen)

Andrew M. Subbotin — Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Tyumen Scientific Center, Russian Academy of Sciences (Siberian branch, Tyumen)