

ЗООЛОГИЯ

УДК 597+57.084

doi: 10.17223/19988591/29/8

И.В. Зуев¹, А.В. Зуева²

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

² Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия

Оценка эффективности мечения рыб флуоресцентными красителями на различной полимерной основе

Проведены исследования эффективности мечения рыб флуоресцентными красителями на основе акрилата и силиконовых компаундов. В лабораторных экспериментах особям сибирского пескаря *Gobio suposcephalus* подкожно имплантировали метки трех типов, оценивая изменение сохранности и видимости метки с течением времени, а также выживаемости и скорости роста помеченных рыб в сравнении с рыбами в контрольной группе. Показано, что внедрённые акриловые метки хорошо распознавались в течение четырех месяцев, не приводя к смертности и уменьшению скорости роста рыб в сравнении с контрольной группой. Видимость меток при использовании источника ультрафиолетового излучения на 134-е сут эксперимента составила 100%. Имплантация силиконовых компаундов также не оказывала воздействия на выживаемость рыб, однако потери меток этого типа составили более 85% на 44-й день эксперимента. Сохранившиеся силиконовые метки оставались в неизменном виде в течение 6 мес. Результаты исследований позволяют рекомендовать акриловые метки для кратковременного мечения мелких рыб, силиконовые – для мечения рыб среднего и крупного размера на длительный срок.

Ключевые слова: мечение рыб; имплантация; флуоресцентные метки; акрилаты; силиконы.

Введение

Мечение рыб существенно расширяет возможности их исследования в естественной среде обитания, позволяя изучать множество индивидуальных и популяционных показателей, таких как оценка численности стада, установление миграционных путей, определение интенсивности промысла и т.д. Несмотря на внедрение в арсенал ихтиологов разнообразных высокотехнологичных типов меток [1, 2], до сих пор остаются востребованными и традиционные методы мечения рыб, обычно более бюджетные и дающие возможность распознавания помеченной рыбы без специального оборудования.

Современной альтернативой классическим внешним меткам (например, биркам) служат флуоресцентные химические красители, наносимые поверхностно или впрыскиваемые под кожу. Метод удобен для массового ме-

чения мелких животных и считается относительно недорогим и безопасным для рыб. Лидером и практически единственным производителем флуоресцентных меток является фирма Northwest Marine Technology (NMT, USA), эффективность продуктов которой подтверждена многими исследованиями [3–5]. Помимо этого, существует ряд публикаций, где исследователи проводят тестирование самых разнообразных потребительских красителей, призванных еще более уменьшить себестоимость готовых меток [6–8].

Несмотря на довольно успешные, хотя и часто противоречивые результаты этих работ, русскоязычные публикации, посвященные методикам или результатам применения флуоресцентных меток, практически отсутствуют. Цель настоящего исследования – оценка мечения мелких рыб тремя видами доступных полимеров, являющихся основой для флуоресцентного пигмента.

Материалы и методики исследования

Для проведения мечения использовали особей пескаря сибирского *Gobio synocephalus* Dybowski, 1869. Данный вид является фоновым для территории Красноярского края, массово встречается в местных водотоках и относительно легко содержится в искусственных условиях.

Отлов рыб проводили с мая по октябрь 2013 г. в водотоках Красноярского края (р. Кача, р. Бугач) неводом с диаметром ячеи 10 мм. Размеры отловленных рыб варьировали от 7 до 14 см, в среднем около 10 см.

Период акклиматизации рыб длился не менее 10 дней. Акклиматизация заключалась в формировании стабильной однородной выборки рыб, адаптированной к лабораторной температуре, свету, режиму и типу кормления. В процессе подготовки рыб к эксперименту удаляли эктопаразитов (паразитических ракообразных рода *Lernaea*); рыб, имеющих поверхностные язвы, дополнительно пролечивали стандартными методами [9].

Оборудование для содержания рыб до и после проведения мечения представлено ёмкостями из пищевого алюминия объёмом около 500 л (30×130×130 см). Резервуары оборудованы системами фильтрации, аэрации воды и подсветки (лампы мощностью 50 Вт). Режим освещения (10 свет / 14 темнота) задавался таймером. Температура воды поддерживалась на уровне 19–20°C. Кислородное насыщение при данной температуре – 100%. Два раза в неделю в резервуарах чистили и меняли 1/10 часть объема воды.

При кормлении рыб использовали сухой форелевый гранулированный комбикорм и замороженный комбикорм собственного изготовления. Режим кормления сухим комбикормом – 4 г на 15 рыб один раз в два дня; замороженным комбикормом – 15 г на 15 рыб один раз в два дня.

Для снижения стрессового фактора при пересаживаниях, взвешивании и мечении, рыб предварительно усыпляли раствором анестетика (в том числе рыб в контрольной группе). Для этих целей использовали природный анестетик – гвоздичное масло – согласно рекомендациям [10, 11].

Для мечения рыб применяли инсулиновые шприцы с иглой (1 мл, 0,45 мм×12 мм). Время мечения одной усыпленной рыбы составляло примерно 15–30 с. Метка вводилась подкожно в область основания грудных плавников.

Непосредственно после процедуры мечения рыб помещали в ёмкость с раствором перманганата калия (0,01 г на 1 л воды) на 10–15 мин для снижения вероятности возникновения воспалений септической природы и другого типа поражений патогенными для рыб организмами.

Взвешивание каждой группы рыб (контрольной и экспериментальной) проводили в водной среде. Для этого на электронных весах (с точностью измерения до 0,01 г) обнулялась масса стеклянной ёмкости с объемом воды около 1 л, затем туда высаживали рыб и проводили взвешивание.

В ходе работы мы тестировали три типа меток, составляющими которых являлись следующие компоненты:

1. Акриловая флуоресцентная краска на основе водной акриловой дисперсии (производитель ЗАО Завод художественных красок «Невская Палитра», г. Санкт-Петербург).

2. Кремнийорганическая паста-основа «Пентэласт-712» марка А + флуоресцентный пигмент (страна-производитель – Индия, импортёр – ООО «Люминофор Сити», г. Пермь) + сшивающий агент (производитель ООО «Пента-91», г. Москва). Соотношение компонентов по массе – 100:1:6. При температуре 20°C полученная смесь застывает в течение 72 ч.

3. Кремнийорганическая паста-основа «Пентэласт-750 FF» + флуоресцентный пигмент (страна-производитель – Индия, импортёр – ООО «Люминофор Сити», г. Пермь) + сшивающий агент (производитель ООО «Пента-91», г. Москва). Соотношение компонентов по массе – 95:1:6. При температуре 20°C полученная смесь застывает в течение 30 мин.

Каждым типом помечались 15 экземпляров пескаря (всего 45), контрольная (немеченая) группа также состояла из 15 особей. Максимальная продолжительность эксперимента с контрольной группой составила 134 дня, после чего рыбы с сохранившимися метками выдерживались еще 6 месяцев.

Для оценки эффективности мечения определяли следующие параметры:

1) показатель смертности – отношение числа погибших особей к общему числу рыб, выраженное в процентах;

2) относительный прирост массы тела особи

$$W_{\text{отн}} = \frac{(W_i - W_0)}{W_0} \times \frac{100}{n},$$

где $W_{\text{отн}}$ – относительный прирост массы на одну особь, %; W_i – масса выборки рыб на дату i , г; W_0 – масса выборки рыб в начале эксперимента, г; n – количество рыб в выборке (при отсутствии смертности рыб в эксперименте), шт.;

3) показатель потери меток – отношение числа рыб без метки к общему числу помеченных рыб, выраженное в процентах;

4) время сохранности метки – время, в течение которого метка остаётся распознаваемой;

5) распознаваемость метки – определялась видимость метки в воздушной среде, отдельно при лабораторном и ультрафиолетовом освещении. Показатель оценивался по четырёхбалльной системе: 0 – метки нет, 1 – метка едва заметна, 2 – метка хорошо распознаётся, но её состояние отлично от первоначального, 3 – метка хорошо видна;

6) локальное состояние – степень воздействия метки на организм рыбы в области прикрепления метки. Показатель оценивался по четырёхбалльной системе: 0 – полное заживление (шрама не видно), 1 – есть рана, но нет покраснения, 2 – небольшое воспаление (небольшое покраснение в месте введения метки), 3 – сильное воспаление (отчётливое покраснение в районе метки).

В качестве источника ультрафиолетового излучения (УФ), необходимого для возбуждения флуоресценции, использовали УФ-фонарь на 12 светодиодах с пиковой длиной волны 395 нм.

Результаты исследования и обсуждение

Имплантация рыбам всех видов полимеров приводила к формированию четкой метки в основании грудного плавника, которая хорошо распознавалась как при лабораторном, так и при УФ-освещении (рис. 1). Акриловая метка образовывала широкую (диаметром 0,5–0,7) цветную область, в то время как силиконовые метки формировали в тканях более компактную структуру (менее 0,5 см).

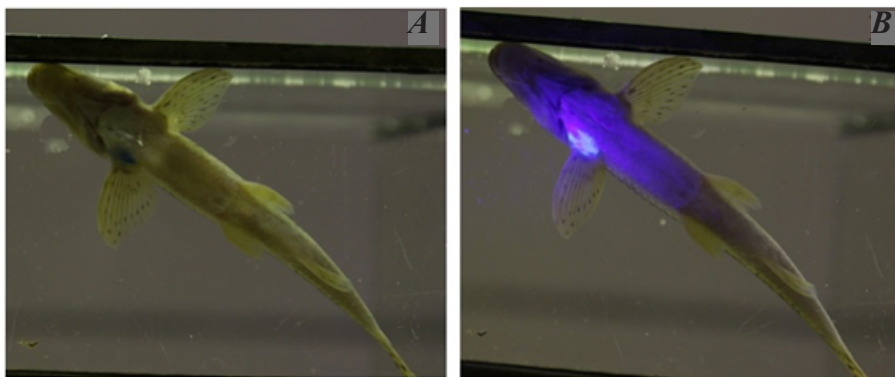


Рис. 1. Пескари, меченные акриловыми флуоресцентными красителями синего цвета.

A – лабораторное освещение, *B* – ультрафиолетовое освещение (фото И.В. Зуева)

[**Fig. 1.** Gudgeons, tagged with blue-fluorescent dye.

A - laboratory light, *B* - UV light (Photo IV Zuev)]

Выживаемость рыб в результате мечения и дальнейшего выдерживания составила 100% во всех вариантах опыта и в контроле (таблица). Осмотр, проведенный через 16 сут после начала эксперимента, показал, что в варианте с акриловыми метками у 73% особей наблюдалось полное заживление места инъекции, у остальных особей отмечались воспаления разной степени тяжести, соответствующие 2 и 3 баллам. В варианте с силиконовыми метками на 16-е сут доля особей с воспалениями ткани в районе метки выше (около 40%). Однако на 44-е сут эксперимента полное заживление места внедрения метки диагностировали во всех вариантах опыта.

Показатели смертности рыб (d, %) и потери меток разных типов (l, %)
[Fish mortality (d, %) and the loss of tags of different types (l, %)]

Время, дни [Time, days]	Контроль [Control]	Акрилат [Acrylate]		«Пентэласт-712» [Pentelast-712]		«Пентэласт-750FF» [Pentelast-750FF]	
	d, %	d, %	l, %	d, %	l, %	d, %	l, %
1	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	46,6	0	80,0
44	0	0	0	0	93,3	0	86,6
74	0	0	0	—	—	—	—
103	0	0	0	—	—	—	—
134	0	0	0	—	—	—	—

Примечание. «—» – эксперимент прекращен.
[Note. «—» - experiment terminated].

Метки на акриловой и силиконовой основе существенно различались по степени сохранности в процессе тестирования. За весь 134-дневный период ни одной акриловой метки не было утрачено, в то время как значительная потеря силиконовых меток была отмечена уже на 16-й день, а к 44-му дню метку сохранила только одна рыба в варианте с «Пентаэласт-712» и две рыбы – «Пентаэласт-750FF» (см. таблицу). Эксперимент с силиконовыми метками после этого был прекращен, однако рыбы, имевшие метки на 44-й день, сохранили их в неизменном виде и после 6 мес культивирования.

Деградация акриловых меток происходила постепенно. К концу 134-дневного периода хорошо распознавалось более 70% меток при лабораторном освещении и более 90% при освещении УФ (рис. 2).

Воздействие имплантации акриловой метки не оказывает существенного воздействия на ростовые показатели рыб. Большой относительный прирост массы у контрольной группы в сравнении с опытной регистрировался в начале и середине эксперимента, на 134-е сут большой прирост, напротив, был отмечен для опытной группы. Средние за весь период значения прироста массы тела между двумя группами статистически значимо не различались ($p > 0,05$) (рис. 3).

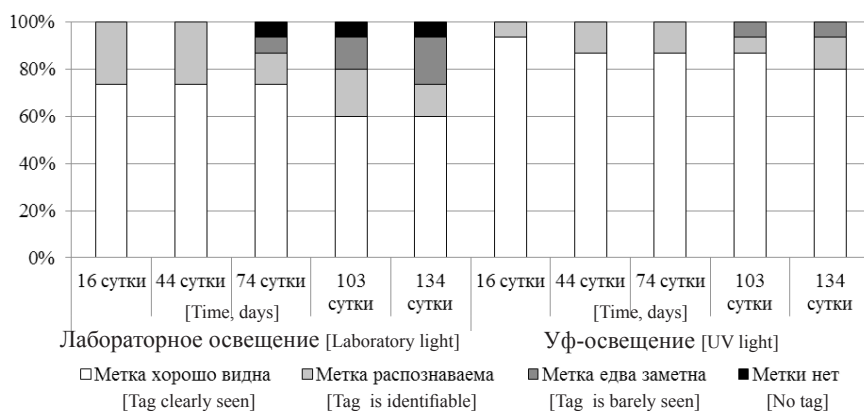


Рис. 2. Распознаваемость акриловых меток при лабораторном и УФ-освещении
[Fig. 2. Identifiability of acrylic tags at the laboratory and UV light]

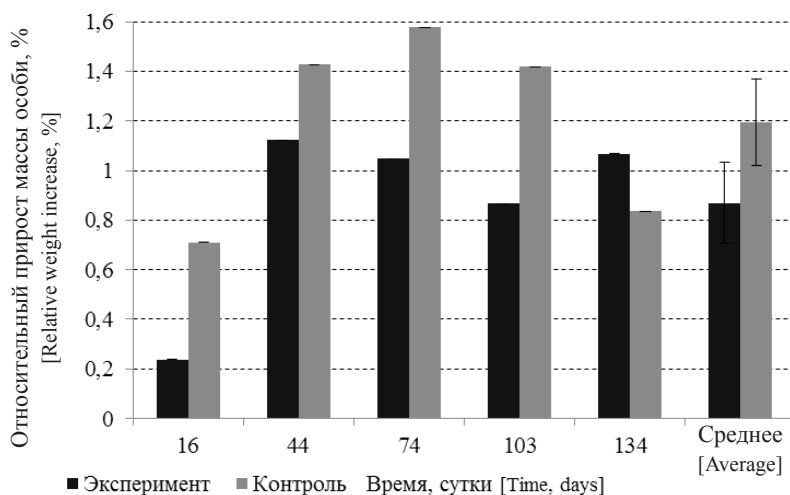


Рис. 3. Относительные приросты рыб в эксперименте с акриловыми метками и в контроле.

Плankи погрешностей представлены в виде стандартной ошибки среднего
[Fig. 3. Relative fish increase in the experiment with acrylic tags and in control.
 Error bars are presented as a standard error of the mean]

Результаты проведенных экспериментов говорят о возможности использования относительно экономически доступных веществ (полимеры, пигменты) в качестве меток для рыб. Стоимость минимального тестового комплекта оригинальных полимерных меток (VIE tags) фирмы NMT составляет около \$42 за 1 мл (при среднем расходе 300–500 меток на 1 мл) [12]. При этом доставка комплекта до России через сторонние организации (NMT не

имеет представительства в России) может увеличить стоимость в 3–5 раз. Компоненты меток, используемые в настоящем исследовании, имеют значительно меньшую стоимость: акриловый флуоресцентный краситель – 60 руб./50 мл, «Пентэласт-712» – 405 руб./кг, «Пентэласт-750FF» – 680 руб./кг, флуоресцентный пигмент – 120 руб./10 г.

По составу и структуре к VIE tags наиболее близки силиконовые компаунды серии «Пентаэласт», застывающие после инъекции. Относительно неудачные результаты с сохранностью меток данного типа можно объяснить высокой плотностью компаундов после отверждения. Активно работающие мышцы грудного плавника выталкивали застывшие шарики полимера вскоре после мечения. Если этого не происходило, метка сохранялась долгое время (до 6 мес) без какой-либо деградации. J.L. Frederick [3], тестирующий сходные по поведению VIE tags на мелких рыбах (до 8 мм), отмечал, что застывание эластомера в тканях происходит только в течение 24 ч после инъекции и сохранность метки в этот период напрямую зависит от активности рыбы. Сохранность VIE tags при мечении осетровых зависела от места прикрепления метки и была выше при мечении в хрящевую ткань рыла, в то время как при мечении межлучевого пространства грудных плавников потеря составила 8% на 150-е сут [4].

В отличие от компаундов, имплантированные в ткань акриловые метки представляют собой достаточно пластичную массу, вследствие чего не выталкиваются мышечными тканями рыб. Весь объем полимера относительно однородно распределяется под кожными покровами. Вместе с тем метки данного типа непригодны для длительного использования, поскольку с течением времени уменьшаются в размерах до полного исчезновения.

Согласно нашим экспериментам распознавание акриловых меток у мелких рыб (около 10 см) возможно до 4 мес, более крупным рыбам можно имплантировать больший объем полимера, что увеличивает срок службы метки. Сохранность акриловых меток в работах американских исследователей [6, 7] составляла от 2–4 до 12–16 мес и зависела от объема метки и её локализации.

В целом анализ работ, где тестируются различные варианты данного типа меток для рыб, говорит о том, что эффективность мечения во многом определяется такими факторами, как опыт оператора, размер рыбы, локализация метки, выдерживание после мечения и т.д. [6, 13, 14]. При аккуратной имплантации большинство меток остаются видимыми не менее 2–3 мес и не оказывают воздействия на ростовые показатели рыб.

Заключение

Таким образом, акриловые флуоресцентные красители и затвердевающие силиконовые полимеры могут быть использованы в качестве аналогов популярным торговым продуктам фирмы NMT. Областью применения акри-

латов может быть мечение мелких рыб с их контролем в течение 2–3 мес. Процедура имплантации акрилатов относительно дешева и проста, а разнообразие цветовой палитры позволяет присваивать рыбам индивидуальный код. Протестированные силиконовые метки могут быть эффективными для рыб средних размеров (более 15 см) или при их подкожной имплантации в относительно пассивной области.

Литература

1. *Thorsteinsson V.* Tagging methods for stock assessment and research in fisheries. Report of concerted action FAIR CT.96.1394 (CATAG). Reykjavik : Marine research institute technical report (79), 2002. 179 p.
2. *Abdul W.O.* Marking and tagging: lecture guide. Abeokuta: University of agriculture, 2011. 21 p.
3. *Frederick J.L.* Evaluation of fluorescent elastomer injection as a method for marking small fish // *Bulletin of marine science.* 1997. Vol. 61, № 2. P. 399–408.
4. *Ченуркина М.А.* Результаты использования флуоресцентных красителей при мечении осетровых рыб // I Междунар. семинар «Новые технологии в воспроизводстве осетровых рыб». Астрахань, 2005. С. 7–8.
5. *Soula M., Navarro A., Hildebrandt S., Zamorano M.J., Roo J., Heranandez-Cruz M., Afonso J.M.* Evaluation of VIE (Visible Implant Elastomer) and PIT (Passive Integrated Transponder) physical tagging systems for the identification of red porgy fingerlings (*Pagrus pagrus*) // *Aquacult Int.* 2012. Vol. 20. P. 571–583.
6. *Kelly W.H.* Marking freshwater and a marine fish by injected dyes // *Transactions of the American fisheries society.* 1967. Vol. 96, № 2. P. 163–175.
7. *Lotrich V.A., Meredith W.H.* A technique and the effectiveness of various acrylic colors for subcutaneous marking of fish // *Transactions of the American fisheries society.* 1974. Vol. 103, № 1. P. 140–142.
8. *McIlwain T.D., Christmas J.Y.* III. A new batch marking technique for fingerling striped bass // *The progressive fish-culturist.* 1975. Vol. 37, № 3. P. 123–125.
9. *Васильков Г.В., Грищенко Л.И., Енгашев В.Г., Канаев А.И., Ларькова З.И., Осетров В.С.* Болезни рыб : справочник / под ред. В.С. Осетрова. М. : Агропромиздат, 1989. 288 с.
10. *Javahery S., Nekoubin H., Moradlu A.H.* Effect of anesthesia with clove oil in fish (review) // *Fish physiol. biochem.* 2012. Vol. 38. P. 1545–1552.
11. *Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е., Гулюкин М.И., Калинина Н.Р.* Анестезия радужной форели // *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные.* 2012. № 4. С. 22–24.
12. *Visible Implant Elastomer Tag Project Manual* Guidelines on planning and conducting projects using VIE and associated equipment. Northwest Marine Technology, Inc. 2008. 27 p. [Electronic resource]. Available at: <http://www.nmt.us/support/appnotes/ape06.pdf>
13. *Catalano M.J., Chipps S.R., Bouchard M.A., Wahl D.H.* Evaluation of Injectable Fluorescent Tags for Marking Centrarchid Fishes: Retention Rate and Effects on Vulnerability to Predation // *North American Journal of Fisheries Management.* 2001. Vol. 21, № 4. P. 911–917.
14. *Studenkov S.H., Georgieva M.B., Uzunova E.P., Nikolova M.N., Velkov B.* Experimental application of visible elastomer implants for tagging of pumpkinseeds (*Lepomis gibbosus* L.) // *Proceeding of the anniversary scientific conference of ecology.* Bulgaria. 2008. P. 494–502.

Поступила в редакцию 11.11.2014 г.; принята 15.01.2015 г.

Авторский коллектив:

Зуев Иван Владимирович – канд. биол. наук, доцент кафедры водных и наземных экосистем института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета (г. Красноярск, Россия).

E-mail: zuev.sfu@gmail.com

Зуева Анастасия Вячеславовна – ведущий инженер лаборатории радиозкологии Института биофизики СО РАН (г. Красноярск, Россия).

E-mail: an.v.zueva@ya.ru

Zuev IV, Zueva AV. Evaluation of polymer-based fluorescent dyes for fish tagging. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2015;1(29):103-112. doi: 10.17223/19988591/29/8. In Russian, English summary

Ivan V. Zuev¹, Anastasiya V. Zueva²

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

² Institute of Biophysics Siberian Branch of RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

Evaluation of polymer-based fluorescent dyes for fish tagging

The aim of our study was to evaluate small-sized fish tagging by three types of polymers which are the basis for the fluorescent pigment. We examined the efficiency of small-sized fish tagging with acrylic and silicone-based fluorescent dyes. The acrylic tag was blue fluorescent water-dispersion dye. For silicone tag preparation, we mixed compounds with fluorescent pigment and curing agent. The mixture was cured during 72 hours (Pentelast-712) and during 30 minutes (Pentelast-750 FF). Under laboratory conditions we marked Siberian gudgeons *Gobio cynocephalus* (average body length about 10 cm) with three types of hypodermic tags. The tags were implanted in the pectoral fin by an insulin syringe. We evaluated mortality, growth rate, tag retention and visibility.

We showed that injected polymer tags had no influence on the growth rate and surviving comparing with the control group. The visibility of acrylic tags under UV-light was 100% after 134 days, but some tags changed their size and shape. Silicone tag loss was more than 85% on the 44th day of the experiment but the remaining tags were readable during six months. Tissue inflammation in the tag location area disappeared completely in all variations on the 44th day of the experiment. The experimental results allow us to recommend acrylic tags for using in short-term tagging of small-sized fish; silicone - medium-sized and large-sized fish for long-term studies. The process of implanting acrylic tags is technically simpler than silicone. Silicone tags should be implanted in a less mobile body location with the following control of their integrity before fish releasing. The cost of the material used in the work is significantly cheaper than the current commercial product - fluorescent tags (VIE tags) of Northwest Marine Technology company (NMT, USA).

The article contains 1 Table, 3 Figure, 14 References

Key words: tagging; tag retention; silicone; acrylate; fluorescent tag; polymer.

References

1. Thorsteinsson V. Tagging methods for stock assessment and research in fisheries. Report of concerted action FAIR CT.96.1394 (CATAG). Reykjavik: Marine Research Institute Technical Report (79); 2002. pp. 179.

2. Abdul WO. Marking and tagging: lecture guide. Abeokuta: University of agriculture; 2011. 21 p.
3. Frederick JL. Evaluation of fluorescent elastomer injection as a method for marking small fish. *Bulletin of Marine Science*. 1997;61(2):399-408.
4. Chepurkina MA. Rezul'taty ispol'zovaniya fluorestsennykh krasiteley pri mechenii osetrovyykh ryb [The results of using fluorescent dyes to tag Sturgeons]. In: *I Mezhdunar. seminar "Novye tekhnologii v vosproizvodstve osetrovyykh ryb"* [New technologies in Sturgeon reproduction. Int. seminar]. Astrakhan'. 2005. pp. 7-8. In Russian
5. Soula M, Navarro A, Hildebrandt S, Zamorano MJ, Roo J, Heranandez-Cruz M, Afonso JM. Evaluation of VIE (Visible Implant Elastomer) and PIT (Passive Integrated Transponder) physical tagging systems for the identification of red porgy fingerlings (*Pagruspagrus*). *Aquacult Int*. 2012;20:571-583.
6. Kelly WH. Marking freshwater and a marine fish by injected dyes. *Transactions of the American fisheries society*. 1967;96(2):163-175.
7. Lotrich VA, Meredith WH. A technique and the effectiveness of various acrylic colors for subcutaneous marking of fish. *Transactions of the American fisheries society*. 1974;103(1):140-142.
8. McIlwain TD, Christmas JY. III. A new batch marking technique for fingerling striped bass. *The progressive fish-culturist*. 1975;37(3):123-125.
9. Vasil'kov GV, Grishchenko LI, Engashev VG, Kanaev AI, Lar'kova ZI, Osetrov VS. Bolezni ryb: Spravochnik [Fish diseases Handbook]. Osetrov VS, editor. Moscow: Agropromizdat; 1989. 288 p. In Russian
10. Javahery S, Nekoubin H, Moradlu AH. Effect of anesthesia with clove oil in fish (review). *Fish physiol. biochem*. 2012;38:1545-1552. doi: [10.1007/s10695-012-9682-5](https://doi.org/10.1007/s10695-012-9682-5)
11. Zavyalova EA, Droshnev AE, Gulukin MI, Kalinina NR. Anesthesia of the Rainbow Trout. *Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal. Sel'skokhozyaystvennye zhivotnye*. 2012;4:22-24. In Russian
12. Visible Implant Elastomer Tag. Project Manual. Guidelines on planning and conducting projects using VIE and associated equipment. Northwest Marine Technology, Inc. 2008. 27 p. [Electronic resource]. Available at: <http://www.nmt.us/support/appnotes/ape06.pdf>
13. Catalano MJ, Chipps SR, Bouchard MA, Wahl DH. Evaluation of Injectable Fluorescent Tags for Marking Centrarchid Fishes: Retention Rate and Effects on Vulnerability to Predation. *North American Journal of Fisheries Management*. 2001;21(4):911-917.
14. Studenkov SH, Georgieva MB, Uzunova EP, Nikolova MN, Velkov B. Experimental application of visible elastomer implants for tagging of pumpkinseeds (*Lepomis gibbosus* L.). In: *Proceedings of the Anniversary Scientific Conference of Ecology*. Bulgaria: Paisiy Khilendarski Publ.; 2008. pp. 494-502.

Received 11 November 2014;

Accepted 15 January 2015

Authors info:

Zuev Ivan V, Cand. Sci. (Biol.), Ass. Professor, Department of Aquatic and Terrestrial Ecosystems, School of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, 79 Svobodny Pr., Krasnoyarsk 660041, Russian Federation.

E-mail: zuev.sfu@gmail.com

Zueva Anastasiya V, engineer, Laboratory of Radioecology, Institute of Biophysics of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Akademgorodok, Krasnoyarsk 660036, Russian Federation.

E-mail: an.v.zueva@ya.ru