

# Сложные структуры ростовых слоев и линий при исследовании возраста амфибий методом скелетохронологии на примере озерных лягушек популяций Камчатки

М.А. Брякова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

---

*Ключевые слова: скелетохронология, ростовые слои, линии остановки роста, озерная лягушка, *Pelophylax ridibundus**

Метод скелетохронологии широко используется для определения возраста и темпов роста амфибий. Линии остановки роста (Hemelaar, 1985), образующиеся в период зимовки (LAG), позволяют с достаточно высокой точностью определять возраст амфибий (Клевезаль, Смирин, 2016, Sinsch, 2015). Обычно наиболее четкие LAG наблюдаются у амфибий из высоких широт с коротким сезоном активности. Однако существует ряд факторов, таких как болезни, бескормица, порционный нерест (Смирин, 1989, Смирин и др., 1986), большая разница между температурой воды и температурой воздуха в холодный период, которые могут способствовать образованию дополнительных линий и дополнительных ростовых слоев, что затрудняет определение возраста. Такой случай был описан С.М. Ляпковым с соавторами (2021) у озерных лягушек *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), обитающих в водоемах с сезоном активности около 9.5 месяцев в Тальшских горах. В результате было выделено несколько групп особей с описанием сложных структур ростовых слоев и линий:

- 1 группа. Слои роста с линиями остановки роста, соответствующими зимовкам, с дополнительными ростовыми слоями, но без дополнительных линий (рис. 1, а);
- 2 группа. Слои роста с дополнительными линиями, отличными от соответствующей зимовке линии остановки роста (рис. 1, б);
- 3 группа. Слои роста с дополнительными линиями, неотличными от соответствующей зимовке линии остановки роста (Lyarkov et al., 2021) (рис. 1, в).

Поскольку такие структуры у озерных лягушек были впервые выявлены в трубчатых костях особей популяции из местообитания с длительным сезоном активности в течение года (Lyarkov et al., 2021), было сделано предположение, что у лягушек, обитающих в термальных водоемах Камчатки, где длительность сезона активности в различных

местообитаниях изменяется от 4 до 10 месяцев (Ляпков, 2014, Ляпков и др., 2017), могут быть обнаружены подобные сложные структуры.

**Цель** исследования – изучение структуры ростовых слоев, видимых на окрашенных поперечных срезах диафиза голени озерных лягушек, для выявления сложных структур ростовых слоев и линий. В соответствии с целью, были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить окрашенные поперечные срезы диафиза голени озерных лягушек, обитающих в термальных водоемах полуострова Камчатка, для выявления сложных структур ростовых слоев и линий;
2. Оценить частоту встречаемости разных типов сложных структур ростовых слоев и линий в регистрирующих структурах в зависимости от длительности сезона активности.

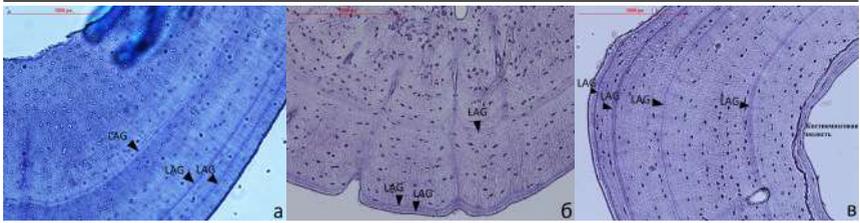
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужило 145 особей озерных лягушек, собранных С.М. Ляпковым в 2017 г. Места сбора показаны на рис. 2. Местообитания различаются по длительности сезона активности (от 4 до 10 месяцев, табл.), что обусловлено неодинаковым количеством постоянно поступающей теплой воды в водоемы, где обитают озерные лягушки. Поперечные срезы из середины диафиза голени каждой лягушки были изготовлены с помощью метода скелетохронологии по стандартной методике (Смирина, 1989, Rozenblut, Ogielska, 2005).

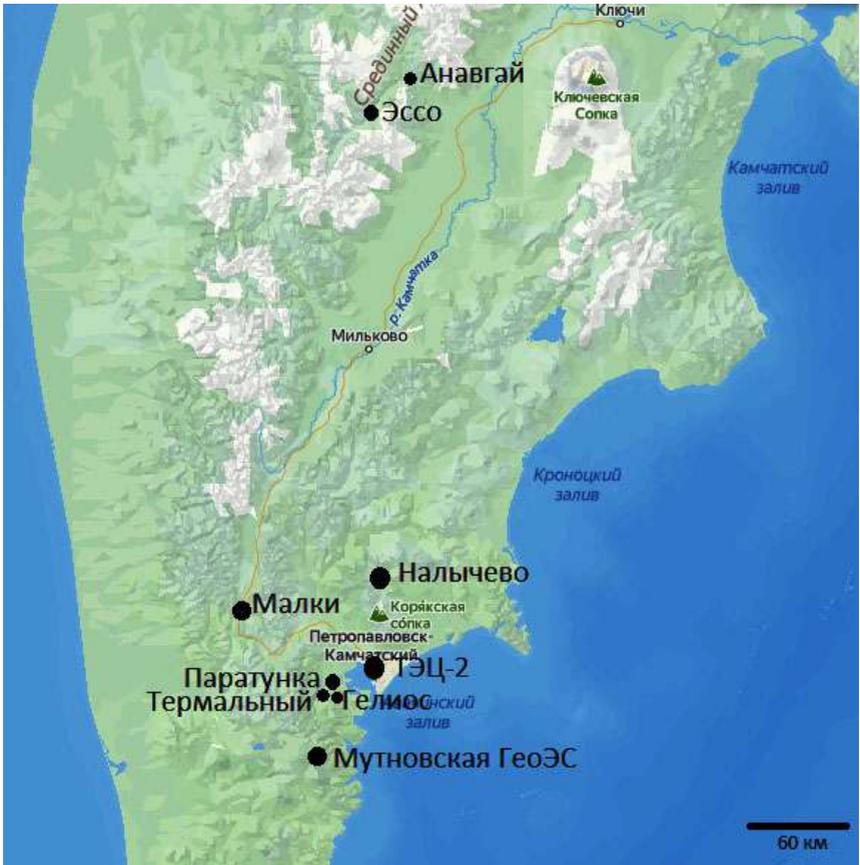
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании поперечных срезов голеней камчатских озерных лягушек были обнаружены сложные структуры ростовых слоев и линий из всех трех групп. Особи с поперечными срезами 1 группы составили 6.2% (здесь и далее – сравнение доли особей, у которых обнаружена определенная группа сложных ростовых слоев и линий, по отношению к доле остальных особей:  $p < 0.001$ ), особи с поперечными срезами 2 группы – 44.1% ( $p = 0.151$ ) и особи с поперечными срезами 3 группы – 14.6% ( $p < 0.001$ ). В 35.1% ( $p = 0.001$ ) изученных срезов ростовые слои не имели усложняющих их структуру элементов. При этом различий между полами по частоте встречаемости четырех выделяемых групп не обнаружено ( $\chi^2 = 3.420$ ,  $df = 3$ ,  $p > 0.050$ ).

В популяциях Малки, Эссо и ТЭЦ-2 с длительностью сезона активности 6, 7 и 8 месяцев соответственно – помимо ростовых слоев без усложняющих их структур обнаружены все 3 группы сложных ростовых слоев и линий. Следует отметить, что в популяциях Термальный и Гелиос с длительностью сезона активности 8 и 10 месяцев соответственно – во всех исследованных поперечных срезах кости обнаружены усложняющие ростовые слои структуры.



*Рисунок 1. Сложные структуры ростовых слоев и линий.  
 а – поперечный срез диафиза голени с дополнительным ростовым слоем; б – поперечный срез диафиза голени с дополнительными линиями, отличными от соответствующей зимовке LAG; в – поперечный срез диафиза голени с дополнительными линиями остановки роста, неотличными от LAG; LAG – линии остановки роста, соответствующие зимовке.*



*Рисунок 2. Фрагмент карты Камчатки с местами сбора материала.*

Таблица. Места сбора материала и доли особей, у которых обнаружены сложные ростовые слои и линии

Место сбора	Длительность сезона активности (мес.)	Объем выборки	Группа ростовых слоев и линий, %			
			Нет усложняющих структур	1 группа	2 группа	3 группа
Налычево	4	3	25	0	50	25
Мутновская геотермальная электростанция	4	3	50	0	25	25
Анавгай	5	13	53.8	0	46.2	0
Малки	6	19	31.6	15.8	42.1	10.5
Эссо	7	39	38.4	10.3	35.9	15.4
ТЭЦ-2	8	43	44.7	6.4	29.8	19.1
Термальный	8	16	0	0	88.2	11.8
Паратунка	8	5	25	0	75	0
Гелиос	10	4	0	0	75	25

При объединении данных по местообитаниям с длительностью сезона активности 8 месяцев, доля особей, в регистрирующих структурах которых не обнаружено дополнительных ростовых слоев и линий, составила 23.2% (рис. 3).

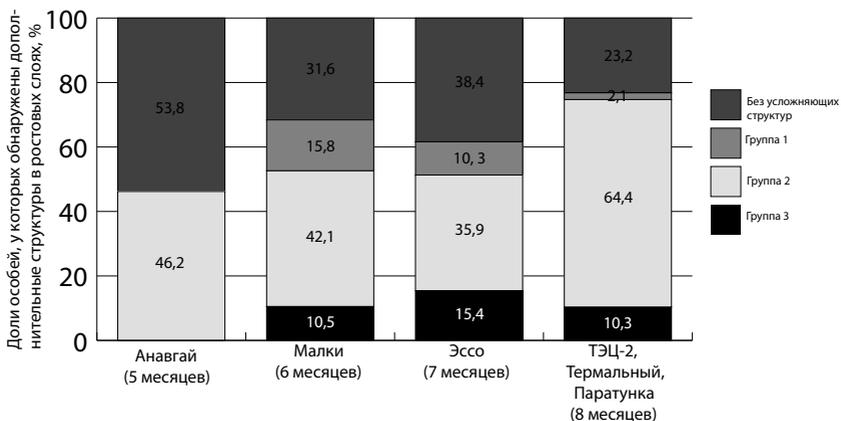


Рисунок 3. Доли особей, у которых обнаружены дополнительные ростовые слои и линии, при объединении данных по местообитаниям с длительностью сезона активности 8 месяцев. В скобках указана длительность сезона активности в каждом из местообитаний.

По мере увеличения длительности сезона активности количество особей, у которых не наблюдается дополнительных ростовых слоев и линий, уменьшается, то есть наблюдается тенденция к возникновению сложных ростовых слоев и линий в регистрирующих структурах по мере увеличения длительности сезона активности. Такая тенденция может быть связана с тем, что при большой длительности сезона активности лягушки могут чаще подвергаться периодическим понижениям температуры воды, связанным с низкой температурой воздуха, что способствует образованию сложных структур ростовых слоев и линий, хотя значимой корреляции между длительностью сезона активности и долей особей, у которых нет сложных ростовых слоев и линий, не обнаружено ( $r_s = -0.800$ ,  $p > 0.050$ ,  $n = 4$ ). Полученные в нашем исследовании результаты согласуются с литературными данными. Так, у озерных лягушек из популяции в Тальшских горах, где длительность сезона активности составляет около 9.5 месяцев, на срезах костей всех изученных особей обнаружена сложная структура ростовых слоев и линий (Lyarkov et al., 2021).

## ВЫВОДЫ

1. При исследовании поперечных срезов середины диафизов голени камчатских озерных лягушек были обнаружены сложные структуры ростовых слоев и линий, относящиеся к трем выделяемым группам.
2. Доля особей, у которых отсутствуют дополнительные ростовые слои и линии, уменьшается по мере увеличения длительности сезона активности. Эта закономерность выявлена лишь как тенденция, поэтому необходимо дополнительное исследование.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Клевезаль Г.А., Смирин Э.М. Регистрирующие структуры наземных позвоночных. Краткая история и современное состояние исследований // Зоологический журнал. 2016. Т. 95. № 8. С. 872–896.
- Ляпков С.М. Озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus*) в термальных водоемах Камчатки // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 12. С. 1427–1432.
- Ляпков С.М., Ермаков О.А., Тутов С.В. Распространение и происхождение двух форм озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* complex (Anura, Ranidae) на Камчатке по данным анализа митохондриальной и ядерной ДНК // Зоологический журнал. 2017. Т. 96. № 11. С. 1384–1391.
- Смирин Э.М. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев: Наукова Думка, 1989. С. 144–153.

- Смирин Э. М., Клевезаль Г. А., Бергер Л.* Экспериментальное исследование формирования годового слоя в костях амфибий // Зоологический журнал. 1986. Т. 65. № 10. С. 1526–1534.
- Hemelaar A.* An improved method to estimate the number of year rings resorbed in phalanges of *Bufo bufo* (L.) and its application to populations from different latitudes and altitudes // Amphibia–Reptilia. 1985. № 6. P. 323–341.
- Lyapkov S.M., Kondratova T.E.* Growth layers and its complex structure in a common species under uncommon conditions: *Pelophylax ridibundus* in the Talysh mountains // Russian Journal of Herpetology. 2021. № 3. P. 242–248.
- Rozenblut B., Ogielska M.* Development and growth of long bones in European water frogs (Amphibia: Anura: Ranidae), with remarks on age determination // Journal of morphology. 2005. Vol. 265. № 3. P. 304–317.
- Sinsch U.* Skeletochronological assessment of demographic life-history traits in amphibians // Herpetological Journal. 2015. Vol. 25. P. 5–13.

УДК 574 (061.3)

Э 40

**ИЭРиЖ**

ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ  
РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ



**Совет молодых  
учёных ИЭРиЖ**

**Экология:** факты, гипотезы, модели. Материалы конф. молодых  
Э 40 ученых, 17–21 апреля 2023 г. / ИЭРиЖ УрО РАН — Екатеринбург:  
ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2023. — 284 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 90-летию со дня рождения профессора С.Г. Шиятова. Конференция проходила с 17 по 21 апреля 2023 г. на базе Института экологии растений и животных УрО РАН. Организаторами мероприятия выступили ИЭРиЖ УрО РАН, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и Информационный центр по атомной энергии.

Работы участников конференции молодых ученых были представлены в форме устных и постерных докладов в рамках традиционного курса научных работ. Представленные исследования были посвящены проблемам дендрохронологии и структуре сообществ в контексте климатогенной и антропогенной динамики, многоуровневому изучению биоразнообразия, анализу ископаемых остатков и экологических закономерностей эволюции, выявлению механизмов инвазии чужеродных видов, а также популяционным аспектам экотоксикологии.

*В оформлении обложки использована фотография фотоконкурса конференции  
Болдырева Степана Леонидовича.*

ISBN 978-5-9076897-0-8



9 785907 680708

© Авторы, 2023

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2023

© ООО Универсальная Типография