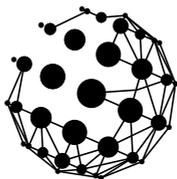


Институт экологии растений и животных УрО РАН

# **ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ**

Материалы Всероссийской конференции молодых ученых,  
посвященной 80-летию ИЭРиЖ УрО РАН  
14–18 октября 2024 г.



Екатеринбург

2024

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, 14–18 октября 2024 г. / Институт экологии растений и животных УрО РАН; редкол.: А.Н. Созонтов и др. — Екатеринбург: Альфа Принт, 2024. — 259 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 80-летию ИЭРиЖ УрО РАН. Конференция проходила с 14 по 18 октября 2024 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 конкурса 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 победителя фотоконкурса конференции Петренко Татьяны Яковлевны.*

ISBN 978-5-907887-51-0



9 785907 887510

© Авторы, 2024  
© ИЭРиЖ УрО РАН, 2024  
© ООО Универсальная Типография  
«Альфа Принт»

# Плотность одноядерных гепатоцитов у грызунов: эффекты доли печени и зоны ацинуса

Д.В. Полуэктова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

---

*Ключевые слова: мелкие млекопитающие, микроморфология печени, гетерогенность печеночной ткани, морфометрический анализ*

Печень – полифункциональный орган животных, обеспечивающий гомеостаз в организме. Она участвует во всех видах обмена, выполняет барьерную функцию между организмом и средой, накапливает и нейтрализует токсиканты (Безель, 2006; Pereira et al., 2006; Ивантер, Медведев, 2015). Признаки морфологических изменений печени используют в качестве биомаркеров токсического воздействия. На тканевом уровне исследуют признаки воспаления, фиброза или дистрофии, на клеточном – качественные (наличие гранул, вакуолей или липидных капель, деформированных ядер) и количественные признаки (размеры и плотность клеток, ядерно-цитоплазматическое отношение и др.) (Pereira et al., 2006).

Печень анатомически разделена вырезками на доли, количество которых у млекопитающих варьирует. На тканевом уровне в печени выделяют ацинусы – мельчайшие участки паренхимы, ориентированные вокруг оси, состоящей из терминальных разветвлений портальной вены и печеночной артерии. По мере удаления от них ацинус подразделяется на три концентрические зоны клеток (в первую очередь, самых многочисленных – гепатоцитов): афферентную, промежуточную и эфферентную (зоны 1–3 соответственно) (Rappaport et al., 1954). Считают, что зональное распределение гепатоцитов в ацинусе определяет их структурную и функциональную гетерогенность (Gebhardt, Matz-Soja, 2014). Гетерогенность клеток обусловлена различной концентрацией кислорода, гормонов и метаболитов в ацинусе (Rappaport et al., 1954).

С учетом сложной анатомической структуры печени (расчлененность на доли) и гетерогенности печеночной ткани, возникает вопрос о влиянии выбора участка на морфометрические характеристики клеток, например, плотность гепатоцитов. Гепатоциты – основные клетки печеночной паренхимы, качественные и количественные изменения которых обуславливают перестройки метаболизма как самого органа, так и взаимосвязанных с ним систем организма. Плотность гепатоцитов (количество клеток на единицу площади) – счетный признак, который используют для выявления и формализации структурных нарушений в печеночной ткани.

**Цель этой работы** – оценить на примере модельного вида грызунов (рыжая полевка) плотность одноядерных гепатоцитов в каждой доле печени (за исключением самой маленькой – сосочковой) и двух контрастных зонах ацинуса (1-й и 3-й). Мы предположили, что этот признак будет различаться в разных зонах ацинуса. В то же время, основываясь на данных эмбрионального и постэмбрионального развития печени (Уша, 1979), мы не ожидали обнаружить различия между долями.

Для исследования выбрали рыжую полевку (*Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780)) – широко распространенный вид в лесных экосистемах бореальной зоны. Животных отлавливали с помощью живоловок в пихтово-еловых лесах (Средний Урал). После умерщвления цервикальной дислокацией производили необходимые измерения: определяли пол, массу и размеры тела, а также массу печени. В выборку включили 10 самцов и 10 самок одной репродуктивно-возрастной группы (неполовозрелые сеголетки).

Печень полевок сразу после вскрытия помещали в 10%-й раствор формалина. После фиксации орган разделяли на 6 анатомических долей: правую и левую медиальную, правую и левую латеральную, хвостатую, сосочковую. Сосочковую долю из-за ее малых размеров и расчлененности не исследовали. Для микроскопического исследования из каждой доли готовили парафиновые срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином. Всего подготовлено 100 препаратов печени, которые исследовали с помощью камеры Leica DFC 295 микроскопа Leica DM1000 LED (Германия) (ув. об.  $\times 63$ ) и программного обеспечения ImageScore M (Россия). В каждом поле зрения определяли количество одноядерных гепатоцитов. Площадь одного поля зрения на снимке составляла 10 000 мкм<sup>2</sup>. Для каждой особи просмотрено 50 полей зрения.

Анализ данных выполняли в пакете Statistica 8.0. Данные по 5-ти полям зрения суммировали для каждой зоны ацинуса. Зависимость плотности гепатоцитов от того или иного фактора (при учете остальных) исследовали с помощью моделей GRM/GLM, значения плотности клеток предварительно логарифмировали. Оценивали эффекты следующих факторов: пол животного, доля печени, зона ацинуса.

В результате различия в плотности одноядерных гепатоцитов обнаружены между самцами и самками и зонами ацинуса. Однако, несмотря на статистическую значимость, различия оказались малы: у самцов этот показатель всего на 3% меньше, чем у самок, а в 1-й зоне ацинуса на 6% меньше, чем в 3-й. В разных долях печени этот показатель не различался (табл. 1).

Табл. 1. Зависимость log-плотности одноядерных гепатоцитов *Clethrionomys glareolus* от факторов ( $F_{(6; 193)} = 4.94, p < 0.001, R^2 = 0.13$ )

Фактор	<i>b</i>	SE( <i>b</i> )	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	95% ДИ	
<i>b</i> <sub>0</sub>	4.63	0.01	389.24	0.001	4.61	4.66
Пол (самцы)	<b>-0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>-2.20</b>	<b>0.03</b>	<b>-0.05</b>	<b>-0.03</b>
Зона ацинуса (1-я)	<b>-0.06</b>	<b>0.01</b>	<b>-4.73</b>	<b>0.001</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.03</b>
Доля						
правая латеральная	0.01	0.02	0.62	0.50	-0.03	0.06
правая медиальная	-0.02	0.02	-0.95	0.30	-0.07	0.02
левая медиальная	0.01	0.02	0.37	0.70	-0.04	0.06
левая латеральная	0.02	0.02	0.66	0.50	-0.03	0.06

Примечание. Примечание. *b*<sub>0</sub> (референтная группа) – 3-я зона ацинуса, хвостатая доля печени, самки. Значения при  $p < 0.05$  выделены полужирным шрифтом.

Функциональные различия гепатоцитов (на уровне ацинуса) между самцами и самками лабораторных животных (крыс и мышей) ранее обнаруживали и другие исследователи (Sirma et al., 1996; Massimi et al., 1999). Вероятно, половые гормоны регулируют активность и распределение ферментов в печени, что также отражается на морфологии клеток. Можно предположить, что с наступлением половой зрелости (увеличением секреции гонадостероидов) различия между самцами и самками будут увеличиваться.

Морфологическую гетерогенность гепатоцитов в разных зонах ацинуса можно объяснить балочным строением печеночной ткани, при котором клетки неправильными рядами (печеночными трабекулами или балками) сходятся к центральной вене – 3-й зоне ацинуса. Поскольку эта зона наиболее чувствительна к действию повреждающих факторов (Rappaport et al., 1954), в функциональном отношении высокая плотность гепатоцитов может служить дополнительным резервом гликогена в случае повреждения органа.

Наши предположения подтвердились: плотность одноядерных гепатоцитов была одинаковой в разных долях печени, но различалась в разных зонах ацинуса и у животных разного пола. Несмотря на то, что исследуемая группа животных была максимально однородной, мощность анализа позволила «уловить» небольшие (3–6%) различия плотности гепатоцитов. Это означает, что при «достройке» нашего экспериментального плана (добавлении других факторов, например, возраста, загрязнения среды и т.д.) могут быть оценены не менее слабые эффекты. Однозначный ответ на свой вопрос мы получили отно-

нительно выбора доли печени – для морфометрического исследования гепатоцитов можно использовать образцы ткани из любой доли.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Ю.А. Давыдовой и И.А. Кшняеву за обсуждение работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безель В.С.* Экологическая токсикология: популяционный и биоэкологический аспекты. Екатеринбург: Гошицкий, 2006. 279 с.
- Ивантер Э.В., Медведев Н.В.* Влияние техногенных загрязнений на популяции мелких лесных грызунов // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464. № 6. С. 758–761.
- Уша Б.В.* Ветеринарная гепатология. М.: Колос, 1979. 263 с.
- Gebhardt R., Matz-Soja M.* Liver zonation: novel aspects of its regulation and its impact on homeostasis // World Journal of Gastroenterology. 2014. Vol. 20(26). P. 8491–8504.
- Massimi M., Lear S.R., Williams D.L.* et al. Differential expression of apolipoprotein E messenger RNA within the rat liver lobule determined by in situ hybridization // Hepatology. 1999. Vol. 29(5). P. 1549–1555.
- Pereira R., Pereira M.L., Ribeiro R., Gonçalves F.* Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal) // Environmental Pollution. 2006. Vol. 139(3). P. 561–575.
- Rappaport A.M., Borowy Z.J., Loughheed W.M., Lotto W.N.* Subdivision of hexagonal liver lobules into a structural and functional unit // Anatomical Record. 1954. Vol. 119(1). P. 11–33.
- Sirma H., Williams G.M., Gebhardt R.* Strain- and sex-specific variations in hepatic glutamine synthetase activity and distribution in rats and mice // Liver. 1996. Vol. 16(3). P. 166–173.

DOI: [10.5281/zenodo.14746464](https://doi.org/10.5281/zenodo.14746464)