

УДК 591.151.1[597.95(591.8:591.477)]

## ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЖИ САМОК СИБИРСКОГО УГЛОЗУБА, *SALAMANDRELLA KEYSERLINGII* (CAUDATA, HYNOBIIIDAE) В ВОДНУЮ И НАЗЕМНУЮ ФАЗЫ СЕЗОННОГО ЦИКЛА

В. В. Ярцев<sup>1,2</sup>, С. С. Евсеева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Россия, 634050, Томск, просп. Ленина, 36*

<sup>2</sup> *Сибирский федеральный научно-клинический центр  
Федерального медико-биологического агентства  
Россия, 636035, Томская область, Северск, Мира, 4  
E-mail: vadim\_yartsev@mail.ru*

Поступила в редакцию 19.09.2018, после доработки 29.10.2018, принята 2.11.2018

Изучены морфологические особенности кожи спины (КС), горлового мешка (КГМ) и хвоста (КХ) самок сибирского углозуба, *Salamandrella keyserlingii*, водного и наземного морфотипов. С помощью гистологических и статистических методик определено наличие рогового слоя эпидермиса, наполненность слизистых желез и развитость подкожной соединительной ткани, оценены относительные площади эпидермиса, компактного и рыхлого слоев кориума, соединительной ткани в целом, гранулярных и слизистых желез. Вне зависимости от участка кожи у самок водной фазы отсутствует роговой слой эпидермиса, наблюдается опустошение слизистых желез и гипертрофия подкожной соединительной ткани. У самок водной фазы в сравнении с таковыми наземной отмечена большая площадь слизистых желез на участках КХ и КС, большая площадь эпидермиса и элементов соединительной ткани кориума в КХ. Самки наземной фазы имели больший объем эпидермиса КГМ и гранулярных желез в КХ и КС по сравнению с самками водной фазы.

**Ключевые слова:** Amphibia, хвостатые земноводные, покровы, морфотип, гистология кожи, сезонная изменчивость.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2018-18-3-4-159-167>

### ВВЕДЕНИЕ

Годовой цикл многих земноводных характеризуется сменой среды обитания в ходе сезона активности (Vitt, Caldwell, 2014). У таких видов взрослые особи обитают на суше, но возвращаются весной в водоём для размножения. Пребывание в разных средах в течение периода активности вызывает сезонную изменчивость ряда их физиологических и морфологических особенностей.

Одни из наиболее явно выраженных трансформаций происходят в коже, состояние которой у данной группы позвоночных сильно зависит от содержания воды в среде (Fox, 1986; Wells, 2007). Так, сравнение гистологических параметров кожи земноводных, обитающих в разных по количеству влаги условиях, показало, что наземные виды по сравнению с водными имеют большую толщину эпидермиса, выраженный роговой слой, сильно васкуляризованную кожу на вентральной стороне тела в газовой области и относительно большие размеры слизистых и гранулярных желез, а для постоянно водных видов земноводных, напро-

тив, характерна большая площадь капилляров дермы (Соколов, 1964; Toledo, Jared, 1993; Xiong et al., 2013). На примере самцов углозубых описано, что у особей водного морфотипа в сравнении с таковыми наземного происходит ряд изменений состояния структур кожи – эпидермиса, слизистых и гранулярных желез, соединительной ткани (Ярцев, Евсеева, 2018; Aoto, 1950; Nasumi, Iwasawa, 1992). Имеющиеся в настоящее время сведения относятся только к самцам, в то время как работы о состоянии кожи самок отсутствуют, несмотря на то, что у самок данных видов также выявлена сезонная изменчивость внешних морфологических признаков (Соколов, 1964; Ярцев, 2014; Nasumi, Iwasawa, 1990).

Цель данной работы – выявить особенности сезонной изменчивости структур кожи самок сибирского углозуба.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Исследованный материал.* В работе использовано 10 половозрелых самок сибирского угло-

зуба (*Salamandrella keyserlingii* Dybowski, 1870) из научной коллекции кафедры зоологии позвоночных и экологии Национального исследовательского Томского государственного университета. Все экземпляры были зафиксированы в 10%-ном кислом формалине (таблица).

Размеры тела, периоды и места отлова самок сибирского углозуба, *Salamandrella keyserlingii*

**Table.** Body sizes, localities and collecting dates of *Salamandrella keyserlingii* females

Место отлова и дата	Фаза сезонного цикла	Длина тела (L), мм
Томская область, Томский район, окрестности пос. Зональный, нерестовый водоём, 25.04.2012, 11.05.2014 г.	Водная	52.1
		61.1
		66.0
		58.1
		62.2
Томская область, Бакчарский район, окрестности с. Карагай, на суше вблизи водоёма, 7.08.2005 г.	Наземная	64.6
		61.2
		64.5
		61.4
		65.0

*Примечание.* L – длина тела измерена как расстояние от кончика морды до заднего края клоакальной щели электронным штангенциркулем с точностью 0.01 мм.

*Note.* L – we measured snout-vent length as a distance from the tip of the snout to the posterior angle of the vent to within 0.01 mm using digital slide calipers.

*Гистологическая обработка.* Для анализа использовали участки кожи с середины правой стороны хвоста, середины спины и горлового мешка, вырезанные по схеме, описанной ранее для самцов (Ярцев, Евсеева, 2018). Микропрепараты кожи изготавливали по стандартным гистологическим методикам (Exbrayat, 2013). Материал обезжировали в растворах этанола возрастающей крепости, просветляли в бутаноле и заключали в парафин. Срезы толщиной 10 мкм получали на ротационном микротоме RMD-3000 (MTPoint, Россия), окрашивали пикрофуксином по Ван-Гизону и модифицированным азаном. Микроскопию препаратов, изготовление снимков и измерения осуществляли с помощью микроскопа Axio Lab A1, камеры AxioCam ERc 5s и программного обеспечения ZEN 2012 (Carl Zeiss Microscopy, Германия).

При анализе препаратов использовали общепринятую схему выделения структурных элементов кожи земноводных (Соколов, 1964; Fox, 1986; Nasumi, Iwasawa, 1992; Wells, 2007). В ходе обзорной микроскопии учитывали количество клеточных слоев в эпидермисе, наполненность слизистых желез, степень развития подкожной соедини-

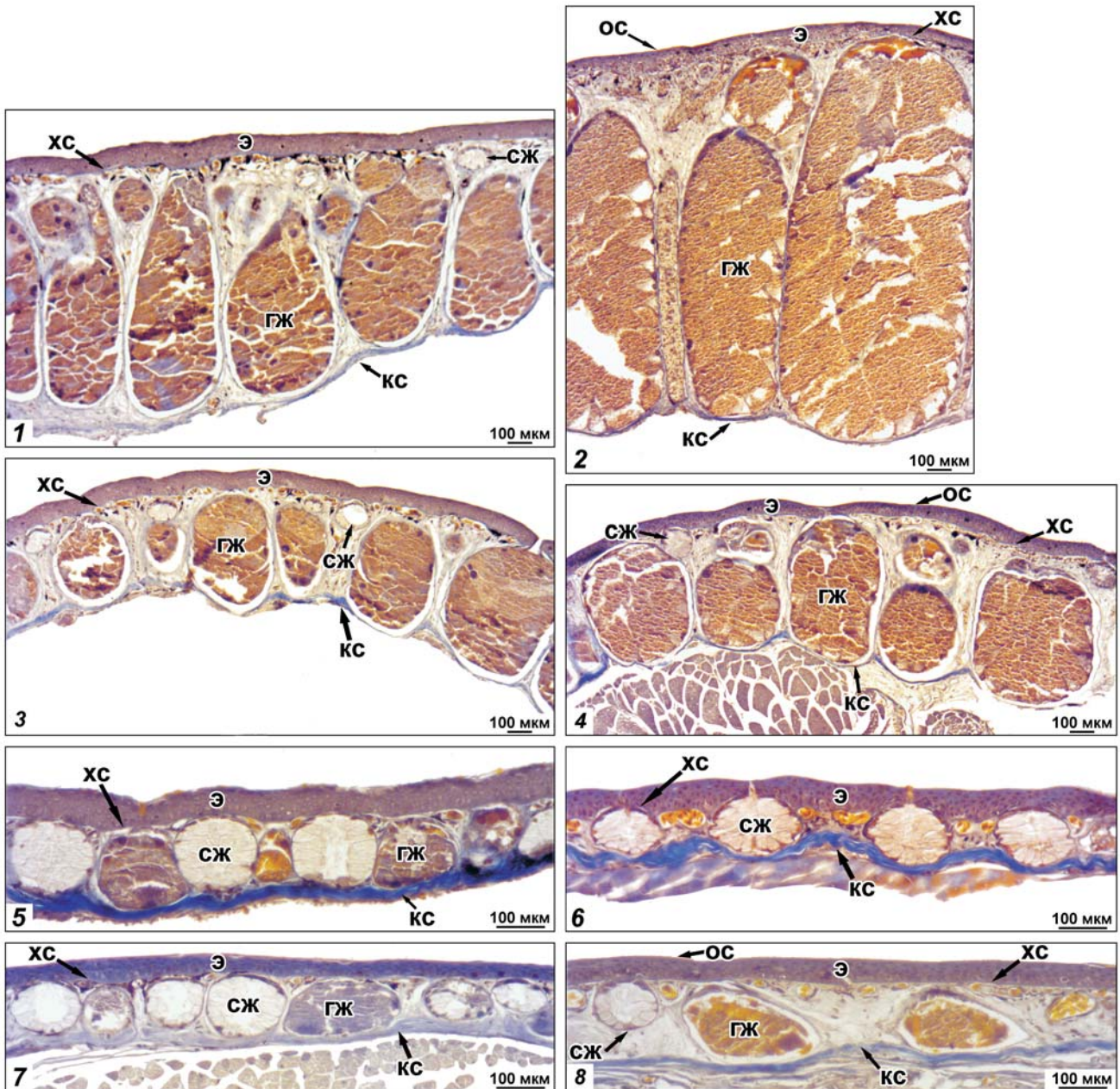
тельной ткани (Дильмухамедов, 1994; Nasumi, Iwasawa, 1992). Для количественной характеристики измеряли следующие показатели (мкм<sup>2</sup>): площадь эпидермиса (ПЭ), компактного слоя дермы (ПКС), гранулярных (ПГЖ) и слизистых желёз (ПСЖ), пустот (ПП) и общая площадь исследуемой области (ИО). На основе данных измерений рассчитывали площадь исследуемого участка (ПИУ = ИО – ПП), дермы (ПД = ПИУ – ПЭ), соединительной ткани (ПСТ = ПД – ПГЖ – ПСЖ), рыхлой соединительной ткани (ПРСТ = ПСТ – ПКС). Все абсолютные значения показателей (мкм<sup>2</sup>) переводили в относительные (%) – доли от ПИУ.

*Статистическая обработка.* Анализ данных проводили в программе Statistica 7.0 (StatSoft, США). Вариационные ряды проверяли на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро–Уилка, рассчитывали следующие описательные статистики: среднее арифметическое ( $\bar{x}$ ), минимум (*min*) и максимум (*max*), стандартное отклонение ( $\sigma$ ), стандартная ошибка среднего ( $m_{\bar{x}}$ ), коэффициент вариации (*Cv*), уровень значимости (*P*). В зависимости от результатов теста на характер распределения для попарных сравнений использовали критерии Стьюдента ( $t_{st}$ ) или Манна – Уитни (*U*-test). Множественные сравнения проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (One-way ANOVA) или теста Краскела – Уоллиса (Kruskal – Wallis test). Результаты тестов считали достоверными при достижении порога вероятности 5% ( $P \leq 0.05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Гистологические особенности строения кожи различных участков тела.** Вне зависимости от стадии годового цикла участки кожи спины, горлового мешка и хвоста самок хорошо различимы между собой даже при обзорном микроскопировании (рис. 1). Так, для кожи хвоста характерно 5 – 8 слоёв клеток в эпидермисе и гипертрофированные гранулярные железы, достигающие максимальных размеров у особей наземного морфотипа. В коже горлового мешка число клеток эпидермиса различно у самок водного и наземного морфотипов: их 4 – 5 и 6 – 8 соответственно. В коже спины у особей обоих морфотипов – 4 – 6 слоев клеток. На всех участках кожи самок водного и наземного морфотипов мощность кориума визуально больше мощности эпидермиса.

Независимо от участка кожи у самок наземного морфотипа секрет слизистых желез находится в glanduloцитах, подкожная соединительная ткань развита нормально, а у особей водного морфотипа – секрет слизистых желез выходит в прос-



**Рис. 1.** Микроструктура кожи самок *Salamandrella keyserlingii* водного (1, 3, 5, 7) и наземного (2, 4, 6, 8) морфотипов: 1, 2 – верхний участок хвоста; 3, 4 – нижний участок хвоста; 5, 6 – горловой мешок; 7, 8 – спина. Э – эпидермис, ГЖ – гранулярная железа, СЖ – слизистая железа, ХС – хромофильный слой кориума, КС – компактный слой кориума, ОС – ороговевающий слой эпидермиса

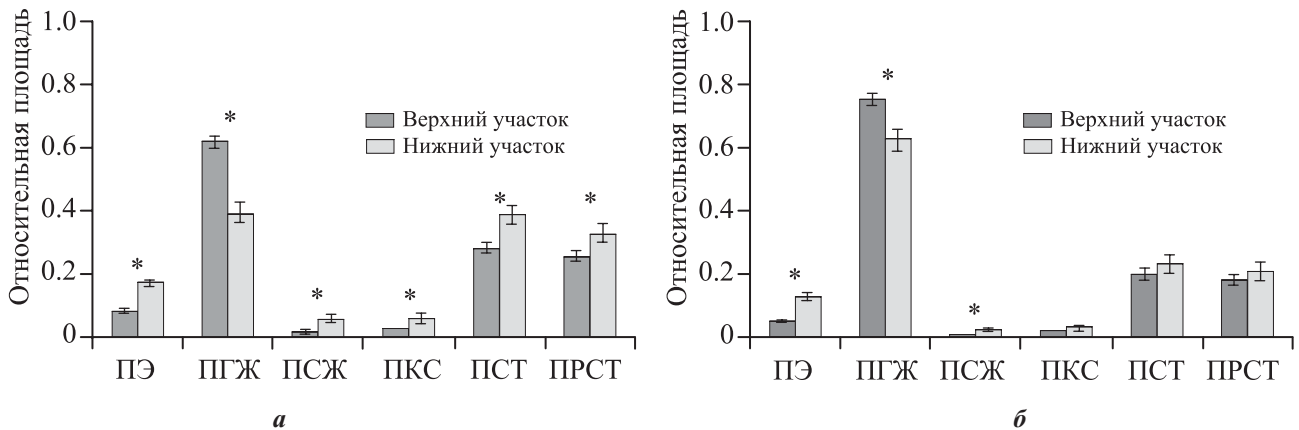
**Fig. 1.** Skin microstructure of *Salamandrella keyserlingii* females of the aquatic (1, 3, 5, and 7) and terrestrial (2, 4, 6, and 8) morphotypes: 1 and 2 are the upper part of the caudal region, 3 and 4 the lower part of the caudal region, 5 are 6 the throat region, 7 and 8 the dorsal region. E the epidermis, GG the granular gland, MG the mucous gland, CL the chromophilic layer, SC the stratum compactum of dermis, CE the cornified epidermis

вет или проток, подкожная соединительная ткань гипертрофирована.

Кроме того, кожа хвоста изменяется в дорсовентральном направлении, что выражается в уменьшении размеров гранулярных желез. При обзорном микроскопировании в коже хвоста можно выделить два участка: верхний (дорсальный) и

нижний (вентральный), разница между которыми подтверждается статистически (рис. 2). У самок водной фазы верхний и нижний участки хвоста различаются по всем параметрам: ПЭ ( $t_{st} = -9.41$ ;  $P < 0.05$ ), ПГЖ ( $t_{st} = 7.08$ ;  $P < 0.05$ ), ПСЖ ( $t_{st} = -4.37$ ;  $P < 0.05$ ), КС ( $t_{st} = -12.86$ ;  $P \leq 0.05$ ), ПСТ ( $t_{st} = -3.37$ ;  $P < 0.05$ ), ПРСТ ( $U$ -test:  $Z = -2.21$ ;  $P \leq 0.05$ ), а у

ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЖИ САМОК СИБИРСКОГО УГЛОЗУБА



**Рис. 2.** Гистологические параметры кожи верхнего и нижнего участков хвоста самок *Salamandrella keyserlingii* в водную (а) и наземную (б) фазы сезонного цикла: ПЭ – площадь эпидермиса; ПГЖ – площадь гранулярных желёз; ПСЖ – площадь слизистых желёз; ПКС – площадь компактного слоя; ПСТ – площадь соединительной ткани; ПРСТ – площадь рыхлой соединительной ткани. Астериск обозначает статистически значимые различия ( $P \leq 0.05$ ), планки погрешностей показывают  $m_{\bar{x}}$

**Fig. 2.** Histological parameters of the upper and lower parts of caudal skin in the aquatic- (a) and terrestrial-phase (b) females of *Salamandrella keyserlingii*: AE is the area of the epidermis, AGG are those of granular glands, AMG the area of the mucous glands, ASC the area of the stratum compactum, ACT the area of connective tissue, ASS the area of the stratum spongiosum. The asterisk denotes significant differences ( $P \leq 0.05$ ), the vertical bars represent  $\pm SE$  of the mean

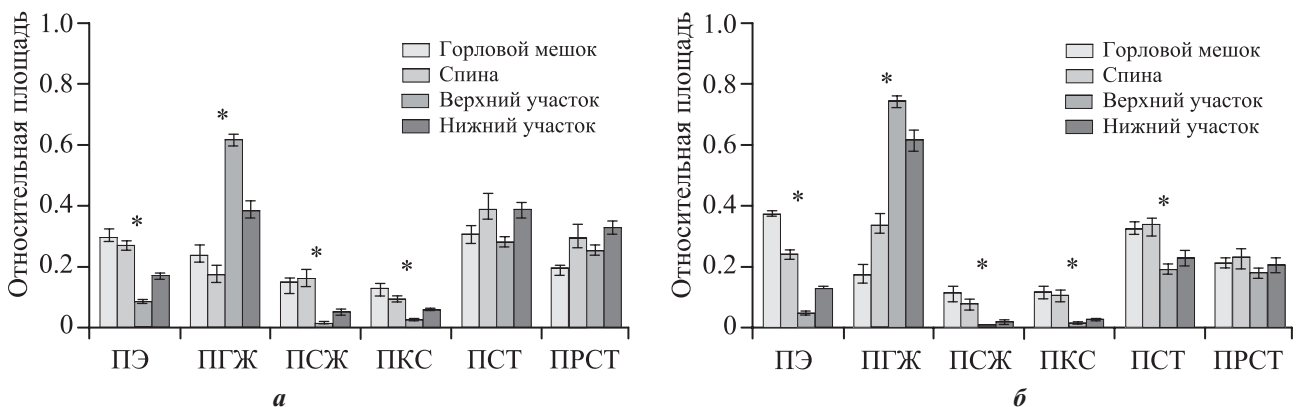
самок наземной фазы – по ПЭ ( $t_{st} = -6.84, P < 0.05$ ), ПГЖ ( $t_{st} = 3.17, P < 0.05$ ) и ПСЖ ( $t_{st} = -3.15, P < 0.05$ ).

У самок как водного, так и наземного морфотипов нижние участки кожи хвоста по сравнению с верхними обладают большей площадью эпидермиса и слизистых желёз, но меньшим объемом гранулярных желёз. У самок водного морфотипа на нижнем участке кожи хвоста по сравнению с верхним наблюдается большая площадь элементов соединительной ткани кориума. Выяв-

ленные особенности кожи учтены при дальнейших сравнениях, которые проводились отдельно для каждого участка.

Сравнение гистологических параметров кожи горлового мешка, спины и хвоста самок сибирского углозуба показало, что участки кожи имеют не только визуальные, но и статистические различия (рис. 3).

*Водная фаза.* Для самок водной фазы выявлены значимые статистические различия между



**Рис. 3.** Гистологические параметры кожи различных участков тела самок *Salamandrella keyserlingii* в водную (а) и наземную (б) фазы сезонного цикла: ПЭ – площадь эпидермиса; ПГЖ – площадь гранулярных желёз; ПСЖ – площадь слизистых желёз; ПКС – площадь компактного слоя; ПСТ – площадь соединительной ткани; ПРСТ – площадь рыхлой соединительной ткани. Астериск обозначает статистически значимые различия ( $P \leq 0.05$ ); планки погрешностей показывают  $m_{\bar{x}}$

**Fig. 3.** Histological parameters of several skin regions in the aquatic- (a) and terrestrial-phase (b) females of *Salamandrella keyserlingii*: AE is the area of the epidermis, AGG those of granular glands, AMG the area of the mucous glands, ASC the area of the stratum compactum, ACT the area of connective tissue, ASS the area of the stratum spongiosum. The asterisk denotes significant differences ( $P \leq 0.05$ ), the vertical bars represent  $\pm SE$  of the mean

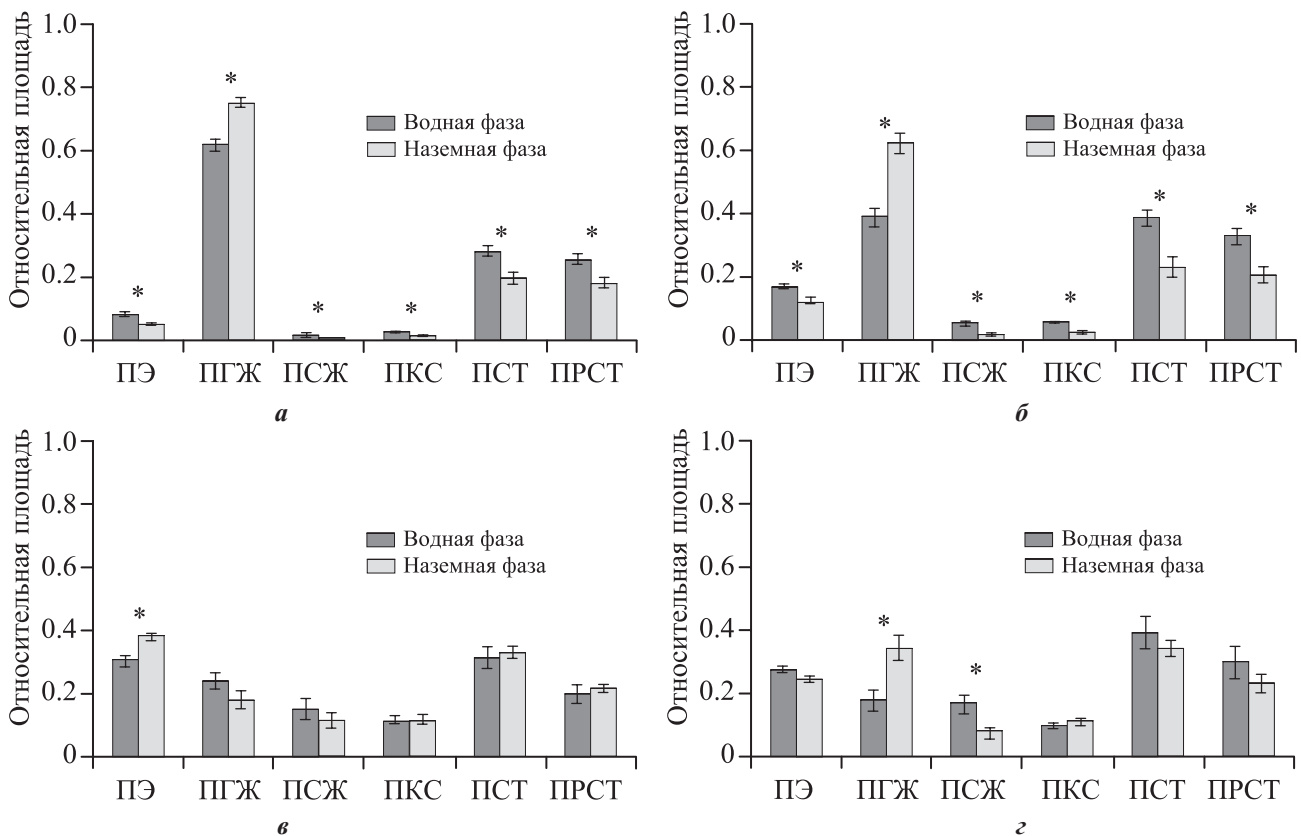
участками кожи горла, спины и хвоста по ПЭ (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 68.70$ ;  $P < 0.05$ ), ПГЖ (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 53.84$ ;  $P < 0.05$ ), ПСЖ (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 8.12$ ;  $P < 0.05$ ) и ПКС (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 35.54$ ;  $P < 0.05$ ). Большая мощность эпидермиса и компактного слоя кориума наблюдается на участке горлового мешка, слизистых желез – в коже спины, гранулярных желез – на верхнем участке хвоста (см. рис. 3). Подкожная соединительная ткань визуальнo лучше выражена в коже горлового мешка.

**Наземная фаза.** Для самок наземной фазы выявлены различия по ПЭ (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 266.06$ ;  $P < 0.05$ ), ПГЖ (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 60.76$ ;  $P < 0.05$ ), ПСЖ (Kruskal–Wallis test:  $H = 22.72$ ;  $P < 0.05$ ), ПКС (Kruskal–Wallis test:  $H = 23.29$ ;  $P < 0.05$ ) и ПСТ (One-way ANOVA:  $F_{1,3} = 9.7$ ;  $P < 0.05$ ). Большая мощность эпидермиса, компактного слоя кориума и слизистых желез вы-

явлены в коже горлового мешка, соединительной ткани – в коже спины, гранулярных желез – на верхнем участке хвоста (см. рис. 3). Различия в выраженности подкожной соединительной ткани между участками не выражены.

**Гистологические особенности кожи самок водного и наземного морфотипов.** *Кожа хвоста.* Выявлено, что верхние участки кожи хвоста самок водного морфотипа отличаются от таковых наземного по ПЭ ( $t_{st} = 7.99$ ;  $P < 0.05$ ), ПГЖ ( $t_{st} = -5.56$ ;  $P < 0.05$ ), ПСЖ ( $t_{st} = 2.39$ ;  $P < 0.05$ ), КС ( $U$ -test:  $Z = 3.26$ ;  $P \leq 0.05$ ), ПСТ ( $t_{st} = 3.42$ ;  $P < 0.05$ ), ПРСТ ( $U$ -test:  $Z = 2.42$ ;  $P \leq 0.05$ ). Для нижних участков выявлены различия по тем же показателям: ПЭ ( $t_{st} = 3.31$ ;  $P < 0.05$ ), ПГЖ ( $t_{st} = -5.06$ ;  $P < 0.05$ ), ПСЖ ( $t_{st} = 3.53$ ;  $P < 0.05$ ), КС ( $U$ -test:  $Z = 3.36$ ;  $P \leq 0.05$ ), ПСТ ( $t_{st} = 4.05$ ;  $P < 0.05$ ), ПРСТ ( $t_{st} = 3.39$ ;  $P < 0.05$ ).

Данные различия однонаправленны вне зависимости от участка (рис. 4): для самок водного



**Рис. 4.** Гистологические параметры кожи верхнего (а) и нижнего (б) участков хвоста, горлового мешка (в) и спины (г) самок *Salamandrella keyserlingii* в водную и наземную фазы сезонного цикла: ПЭ – площадь эпидермиса; ПГЖ – площадь гранулярных желёз; ПСЖ – площадь слизистых желёз; ПКС – площадь компактного слоя; ПСТ – площадь соединительной ткани; ПРСТ – площадь рыхлой соединительной ткани. Астериск обозначает статистически значимые различия ( $P \leq 0.05$ ); планки погрешностей показывают  $m_x$ .

**Fig. 4.** Histological parameters of several skin regions in the aquatic- and terrestrial-phase females of *Salamandrella keyserlingii*: a is the upper part of the caudal region, b the lower part of the caudal region, c the throat region, d the dorsal region; AE the area of the epidermis, AGG those of the granular glands, AMG the area of the mucous glands, ASC the area of the stratum compactum, ACT the area of connective tissue, ASS the area of the stratum spongiosum. The asterisk denotes significant differences ( $P \leq 0.05$ ), the vertical bars represent  $\pm SE$  of the mean

морфотипа характерна бóльшая площадь эпидермиса, слизистых желёз, компактного слоя и соединительной ткани дермы в целом, но меньшая относительная площадь эпидермиса по сравнению с самками наземного морфотипа.

*Кожа горлового мешка.* Для кожи горлового мешка значимые статистические различия между самками водного и наземного морфотипа обнаружены только по ПЭ ( $t_{st} = -3.59$ ;  $P < 0.05$ ). Причём бóльшая мощность эпидермиса характерна для особей наземной фазы (см. рис. 4).

*Кожа спины.* При сравнении количественных параметров кожи спины между особями разных морфотипов выявлены значимые статистические различия по ПГЖ ( $t_{st} = -3.07$ ;  $P < 0.05$ ) и ПСЖ ( $Z = 2.10$ ;  $P \leq 0.05$ ). Самки водного морфотипа характеризуются большей площадью слизистых желёз и меньшей площадью гранулярных (см. рис. 4).

## ОБСУЖДЕНИЕ

У самок *S. keyserlingii* участки кожи разных частей тела отличаются друг от друга по ряду морфологических параметров, причём наиболее выражена специфика участков кожи хвоста и горлового мешка. Аналогичные результаты получены ранее при изучении изменчивости гистологических параметров кожи самцов *S. keyserlingii* (Ярцев, Евсева, 2018).

Выявленные особенности кожи самок *S. keyserlingii* водного и наземного морфотипов указывают на наличие сезонной изменчивости структур кожи. При вхождении самок весной в водоём на всех участках кожи происходит активация слизистых желёз (увеличиваются их размеры, происходит выделение секрета), увеличивается объём подкожной соединительной ткани, на поверхности эпидермиса исчезает роговой слой, а в коже хвоста развивается гипертрофия соединительной ткани дермы и увеличивается мощность эпидермиса. После выхода самок из водоёма на сушу во всех исследованных участках кожи отмечается уменьшение мощности подкожной соединительной ткани, формирование тонкого рогового слоя эпидермиса, гипертрофия гранулярных желёз. В коже горлового мешка увеличивается число слоев клеток эпидермиса. Сходные результаты получены ранее для самцов *S. keyserlingii* (Ярцев, Евсева, 2018).

В формировании выявленных особенностей кожи самок водного морфотипа, вероятно, значительную роль играет пролактин. У земноводных данный гормон регулирует водный

транспорт и проницаемость покровов для ионов натрия, влияет на репродуктивное поведение, структурные изменения кожи при смене наземной среды обитания на водную (Polzonetti-Magni et al., 1995; Wells, 2007; Woodley, 2011). Это проявляется в исчезновении рогового слоя эпидермиса и опустошении слизистых желёз, что показано на примере ряда видов хвостатых земноводных (Polzonetti-Magni et al., 1995; Woodley, 2011). Возможно, действие пролактина также приводит к увеличению мощности эпидермиса в коже хвоста, как у самцов, так и у самок *S. keyserlingii* в водный период. Гипертрофия соединительной ткани дермы у самцов углозубых водного морфотипа также является результатом воздействия пролактина, которое сопряжено с влиянием половых гормонов: увеличение проницаемости покровов для воды приводит к гидратации межклеточного вещества соединительной ткани дермы и, как следствие, к увеличению ее объема (Aoto, 1950; Nasumi, Iwasawa, 1990, 1992; Woodley, 2011).

Особенности кожи самок наземного морфотипа, вероятно, связаны, с одной стороны, с ослаблением действия пролактина, уровень которого в плазме крови снижается после выхода из водоёма (Mosconi et al., 1994), а с другой – с формированием изменений, направленных на адаптацию к наземной среде обитания. Так, увеличение размеров гранулярных желёз в наземный период, вероятно, определяется использованием их секрета для защиты от хищников, как и у других хвостатых земноводных (Brizzi, Corti, 2006). Гипертрофия эпидермиса горлового мешка в наземный период за счет увеличения числа слоев клеток, по-видимому, является адаптацией к более интенсивному слушиванию клеток эпидермиса о субстрат при перемещении на суше.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У самок *S. keyserlingii* сезонная изменчивость морфологических параметров кожи характерна для всех исследованных участков тела, но наиболее выражена в коже хвоста. Она проявляется в вариабельности мощности эпидермиса, размеров гранулярных и слизистых желёз и элементов соединительной ткани дермы. В целом изменчивость структур кожи направлена на формирование специфического морфотипа животного, адаптированного к водной или наземной среде обитания в зависимости от периода сезона активности.

### Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность В. Н. Курановой за предоставление возможности работы с авторским коллекционным материалом, а также ценные замечания и советы в процессе подготовки рукописи.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-34-01055).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дильмухамедов М. Е. 1994. Кожный покров // Сибирский углозуб : зоогеография, систематика, морфология. М. : Наука. С. 109 – 115.

Соколов В. Е. 1964. Морфологические приспособления кожного покрова земноводных фауны СССР к наземному образу жизни // Зоол. журн. Т. 18, вып. 9. С. 1410 – 1411.

Ярцев В. В. 2014. Репродуктивная биология хвостатых земноводных рода *Salamandrella* (Amphibia: Caudata, Hynobiidae) : дис. ... канд. биол. наук. Томск. 253 с.

Ярцев В. В., Евсеева С. С. 2018. Гистологическая характеристика кожи самцов сибирского углозуба, *Salamandrella keyserlingii* (Caudata, Hynobiidae) в водную и наземную фазы сезонного цикла // Современная герпетология. Т. 18, вып. 1/2. С. 54 – 63.

Aoto T. 1950. A remarkable swelling of male skin of a salamander (*Hynobius retardatus* Dunn) in the breeding season // J. of the Faculty of Science Hokkaido University, Zoology. Vol. 10, № 1. P. 45 – 53.

Brizzi R., Corti C. 2006. Reproductive cycles of the European amphibians : a brief history of studies on the role of exogenous and endogenous factors // Herpetologia Bonnensis II : Proceedings of the 13th Congress of the Societas Europaea Herpetologica. Bonn. P. 27 – 30.

Exbrayat J. M. 2013. Classical methods of visualization // Histochemical and Cytochemical Methods of Visuali-

zation / ed. J. M. Exbrayat. Boca Raton ; London ; New York : CRC Press Taylor and Francis Group. P. 3 – 58.

Fox H. 1986. Epidermis // Biology of the Integument. 2. Vertebrates / eds. J. Bereiter-Hahn, A. G. Matoltsy, K. S. Richards. Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer-Verlag. P. 78 – 110.

Hasumi M., Iwasawa H. 1990. Seasonal changes in body shape and mass in the salamander, *Hynobius nigrescens* // J. of Herpetology. Vol. 24, № 2. P. 113 – 118.

Hasumi M., Iwasawa H. 1992. Wandering behavior and cutaneous changes in winter-dormant male salamanders (*Hynobius nigrescens*) // Herpetologica. Vol. 48, № 3. P. 279 – 287.

Mosconi G., Yamamoto K., Kikuyama S., Carnevali O., Mancuso A., Vellano C. 1994. Seasonal changes of plasma prolactin concentration in the reproduction of the Crested newt (*Triturus cristatus* Laur.) // General and Comparative Endocrinology. Vol. 95, № 3. P. 342 – 349.

Polzonetti-Magni A., Carnevali O., Yamamoto K., Kikuyama S. 1995. Growth hormone and prolactin in amphibian reproduction // Zoological Science. Vol. 12, № 6. P. 683 – 694.

Toledo R. C., Jared C. 1993. Cutaneous adaptations to water balance in amphibians // Comparative Biochemistry and Physiology. Vol. 105, № 4. P. 593 – 608.

Vitt L. J., Caldwell J. P. 2014. Herpetology : An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. 4rd ed. Amsterdam : Academic Press. 757 p.

Wells K. D. 2007. The Ecology and Behavior of Amphibians. Chicago ; London : University of Chicago Press. 1148 p.

Woodley S. K. 2011. Hormones and reproductive behavior in amphibians // Hormones and Reproduction of Vertebrates. Vol. 2. Amphibian. London : Academic Press. P. 143 – 169.

Xiong J., Dai Ch., Li M., Dengi W., Li J. 2013. Morphological characteristics of the dorsal skin of two hynobiids and their adaptive role in aquatic and terrestrial habitats // Asian Herpetological Research. Vol. 4, № 1. P. 62 – 67.

---

### Образец для цитирования:

Ярцев В. В., Евсеева С. С. 2018. Гистологическая характеристика кожи самок сибирского углозуба, *Salamandrella keyserlingii* (Caudata, Hynobiidae) в водную и наземную фазы сезонного цикла // Современная герпетология. Т. 18, вып. 3/4. С. 159 – 167. DOI: <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2018-18-3-4-159-167>

---

**HISTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SKIN  
OF SALAMANDRELLA KEYSERLINGII (CAUDATA, HYNوبيИДАЕ)  
FEMALES IN AQUATIC AND TERRESTRIAL PHASES OF SEASONAL CYCLE**

Vadim V. Yartsev<sup>1,2</sup> and Sofiya S. Evseeva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> National Research Tomsk State University  
36 Lenin Prosp., Tomsk 634050, Russia

<sup>2</sup> Siberian Federal Scientific Clinical Center of Federal Medicobiological Agency  
4 Mira Str., Seversk, Tomsk Region 636035, Russia  
E-mail: vadim\_yartsev@mail.ru

Received 19 September 2018, revised 29 October 2018, accepted 2 November 2018

Morphological features of the dorsal (DS), throat (TS) and tail skins (caudal skin, CS) were examined in the aquatic- and terrestrial-morphotype females of *Salamandrella keyserlingii*. Using histological and statistical methods, the presence of the stratum corneum of the epidermis, the fullness degree of the mucous glands, and the development of the subdermal connective tissue were estimated. The relative areas of the main structural elements (epidermis, strata compactum and spongiosum, connective tissue in the whole, granular and mucous glands) were measured. Regardless of the skin region, the aquatic morphotype females had no cornified epidermis, their mucous glands were emptying, and subdermal connective tissue was hypertrophied. In the aquatic-phase females, the area of mucous glands of TS and DS, the area of epidermis and connective tissue of TS were larger than those of the terrestrial-phase ones. In the terrestrial-phase females, the area of epidermis of TS and the area of granular glands of TS and DS were larger in comparison to those of the aquatic-phase females.

**Key words:** Amphibia, tailed amphibians, integument, morphotype, skin histology, seasonal variation.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2018-18-3-4-159-167>

**Acknowledgements:** This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-34-01055).

**REFERENCES**

- Dilmuchamedov M. E. Skin. In: *The Siberian newt: Zoogeography, Systematics, Morphology*. Moscow, Nauka Publ., 1994, pp. 109–115 (in Russian).
- Sokolov V. E. Morphological adaptations of the amphibian skin in USSR fauna to the Terrestrial mode of life. *Zoologicheskii Zhurnal*, 1964, vol. 18, no. 9, pp. 1410–1411 (in Russian).
- Yartsev V. V. 2014. *Reproductivnaya biologiya khvostatykh zemnovodnykh roda Salamandrella (Amphibia: Caudata, HynوبيИДАЕ)* [Reproductive biology of salamanders of genus *Salamandrella* (Amphibia: Caudata, HynوبيИДАЕ)]. Diss. Cand. Sci. (Biol.). Tomsk, 2014. 253 p. (in Russian).
- Yartsev V. V., Evseeva S. S. Histological characteristics of the skin of *Salamandrella keyserlingii* (Caudata, HynوبيИДАЕ) males in the aquatic and terrestrial phases of their seasonal cycle. *Current Studies in Herpetology*, 2018, vol. 18, no. 1–2, pp. 54–63 (in Russian). DOI: 10.18500/1814-6090-2018-18-1-2-54-63.
- Aoto T. A remarkable swelling of male skin of a salamander (*HynوبيИД retardatus* Dunn) in the breeding season. *J. of the Faculty of Science Hokkaido University, Zoology*, 1950, vol. 10, no. 1, pp. 45–53.
- Brizzi R., Corti C. Reproductive cycles of the European amphibians: a brief history of studies on the role of exogenous and endogenous factors. *Herpetologia Bonnensis II. Proceedings of the 13th Congress of the Societas Europaea Herpetologica*. Bonn, 2006. pp. 27–30.
- Exbrayat J. M. Classical methods of visualization. In: J. M. Exbrayat, ed. *Histochemical and Cytochemical Methods of Visualization*. Boca Raton, London, New York, CRC Press Taylor and Francis Group, 2013. pp. 3–58.
- Fox H. Epidermis. In: J. Bereiter-Hahn, A. G. Matoltsy, K. S. Richards, eds. *Biology of the Integument. 2 Vertebrates*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1986. pp. 78–110. DOI: 10.1007/978-3-662-00989-5
- Hasumi M., Iwasawa H. Seasonal changes in body shape and mass in the salamander, *HynوبيИД nigrescens*. *J. of Herpetology*, 1990, vol. 24, no. 2, pp. 113–118. DOI: <https://doi.org/10.2307/1564217>
- Hasumi M., Iwasawa H. Wandering behavior and cutaneous changes in winter-dormant male salamanders (*HynوبيИД nigrescens*). *Herpetologica*, 1992, vol. 48, no. 3, pp. 279–287.
- Mosconi G., Yamamoto K., Kikuyama S., Carnevali O., Mancuso A., Vellano C. Seasonal changes of plasma prolactin concentration in the reproduction of the Crested



newt (*Triturus carnifex* Laur.). *General and Comparative Endocrinology*, 1994, vol. 95, no. 3, pp. 342–349.

Polzonetti-Magni A., Carnevali O., Yamamoto K., Kikuyama S. Growth hormone and prolactin in amphibian reproduction. *Zoological Science*, 1995, vol. 12, no. 6, pp. 683–694.

Toledo R. C., Jared C. Cutaneous adaptations to water balance in amphibians. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1993, vol. 105, no. 4, pp. 593–608. DOI: [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(93\)90259-7](https://doi.org/10.1016/0300-9629(93)90259-7)

Vitt L. J., Caldwell J. P. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 4<sup>th</sup> ed. Amsterdam, Academic Press, 2014. 757 p.

Wells K. D. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. Chicago, London, University of Chicago Press, 2007. 1148 p.

Woodley S. K. Hormones and reproductive behavior in amphibians. In: *Hormones and Reproduction of Vertebrates*, Vol. 2. Amphibian. London, Academic Press, 2011, pp. 143–169.

Xiong J., Dai Ch., Li M., Dengi W., Li J. Morphological characteristics of the dorsal skin of two hynobiids and their adaptive role in aquatic and terrestrial habitats. *Asian Herpetological Research*, 2013, vol. 4, no. 1, pp. 62–67.

---

**Cite this article as:**

Yartsev V. V., Evseeva S. S. Histological Characteristics of the Skin of *Salamandrella keyserlingii* (Caudata, Hynobiidae) Females in Aquatic and Terrestrial Phases of Seasonal Cycle. *Current Studies in Herpetology*, 2018, vol. 18, iss. 3–4, pp. 159–167 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2018-18-3-4-159-167>

---