

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

# Оценка адаптационного потенциала детей и подростков в экологически напряжённых условиях

С.В. Ермолаева

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В ряде исследований, проведённых в последние годы, установлено увеличение числа детей и подростков с отклонениями в физическом развитии. Большинство авторов связывают этот рост с действием загрязнения природной среды. Адаптационные возможности детей и подростков могут выступать индикаторами развития организма в неблагоприятных условиях среды.

**Цель.** Оценка физического развития и адаптационного потенциала детей и подростков, проживающих на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Материал и методы.** Анализ экологической обстановки территорий Ульяновской области произведён за 2009–2023 гг. на основе собственных исследований проб атмосферного воздуха, питьевой воды из водопроводной сети, почв селитебных зон районов области. В результате анализа показателей загрязняющих веществ в природной среде для каждого муниципального образования рассчитан коэффициент антропогенной нагрузки на окружающую среду. На территории области проведено обследование школьников по программе, которая включала измерение тотальных размеров тела (длина тела, масса тела, окружность грудной клетки, индекс массы тела) и функциональных параметров (частота сердечных сокращений, систолическое и диастолическое артериальное давление). Вычисления адаптационного потенциала проводили по формуле Б.М. Баевского.

**Результаты.** У школьников обоих полов, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, морфологические и функциональные показатели имеют более высокие значения по сравнению со школьниками, проживающими на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. Медианные значения адаптационного потенциала мальчиков и девочек районов 2-й группы выше значений адаптационного потенциала мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. У девочек различия в показателях адаптационного потенциала почти совпадают с различиями, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим количеством возрастных групп, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних.

**Заключение.** Результаты исследований могут быть использованы для санитарно-гигиенического мониторинга, профилактики детской заболеваемости и планирования экологических мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия факторов среды на здоровье населения.

**Ключевые слова:** адаптационный потенциал; физическое развитие; факторы окружающей среды.

## Как цитировать:

Ермолаева С.В. Оценка адаптационного потенциала детей и подростков в экологически напряжённых условиях // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 49–60. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

Рукопись поступила: 31.03.2024

Рукопись одобрена: 08.07.2024

Опубликована online: 03.08.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

# Assessment of the adaptive capacity of children and adolescents in environmentally challenging conditions

Svetlana V. Ermolaeva

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** A number of recent studies have demonstrated an increase in the number of children and adolescents with deviations in physical development attributing this increase to the effects of environmental pollution. The ability of children and adolescents to adapt to their environment can serve as an indicator of their physical development in unfavorable environmental conditions.

**AIM:** To assess the physical development and adaptive capacity of children and adolescents living in regions with varying degrees of anthropogenic impact on the environment.

**MATERIAL AND METHODS:** An analysis of the environmental situation in the Ulyanovsk region was carried out based on the author's own research of atmospheric air, drinking water and soil samples collected from residential areas in 2009–2023. The study focused on identifying pollutants in the natural environment and calculating a comprehensive pollution indicator for each environmental component. In addition, a survey of schoolchildren in the Ulyanovsk region was conducted. Height, weight, chest circumference, body mass index, heart rate, systolic and diastolic blood pressure were measured. The adaptation capacity (AC) of the study participants was calculated using the Baevsky formula.

**RESULTS:** Schoolchildren of both genders, who lived in regions with low level of anthropogenic impact on the environment, had higher values for morphological and functional characteristics than schoolchildren in regions with high degree of anthropogenic impact. Median AC values for boys and girls in the latter group were higher than those in the former, suggesting heightened adaptation mechanisms in environmentally disadvantaged areas. The differences in AC among girls closely mirrored those observed in boys, albeit across fewer age-groups, potentially indicating greater adaptive reserves in the latter group.

**CONCLUSION:** Our findings can be used for sanitary and hygienic monitoring, prevention of childhood morbidity and the development of environmental strategies to reduce the adverse effects of environmental factors on public health.

**Keywords:** adaptive capacity; physical development; environmental factors.

## To cite this article:

Ermolaeva SV. Assessment of the adaptive capacity of children and adolescents in environmentally challenging conditions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):49–60. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

Received: 31.03.2024

Accepted: 08.07.2024

Published online: 03.08.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

# 儿童和青少年在环境压力条件下的适应能力评估

Svetlana V. Ermolaeva

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

简评

**论证。**近年来进行的一些研究表明，身体发育异常的儿童和青少年人数有所增加。大多数作者将这种增长归因于环境污染的影响。儿童和青少年的适应能力可以作为机体在不利环境条件下发展的指标。

**目标。**评估生活在不同程度人为环境压力地区的儿童和青少年的身体发育和适应能力。

**材料与方法。**对2009–2023年乌里扬诺夫斯克州地区环境状况进行了分析，对大气、供水管网饮用水、州各居民区土壤样本进行自行研究。根据对自然环境中污染物的分析结果，计算出了各市人为环境负荷系数。根据该方案对该地区的学龄儿童进行了检查，包括测量全身尺寸（身高、体重、胸围、体重指数）和功能参数（心率、收缩压和舒张压）。适应潜力是根据 B. M. Baevsky 的公式计算得出的。

**结果。**与生活在人为环境负荷较重地区的学龄儿童相比，生活在人为环境负荷较轻地区的男女学龄儿童的形态和功能指数较高。第二组地区男孩和女孩的适应能力中位数高于第一组地区男孩和女孩的适应潜力中位数，这表明在环境不利地区的适应机制比较紧张。在女孩中，适应能力指标的差异几乎与男孩的差异一致，但年龄组较少，这可能表明后者的适应储备较高。

**结论。**研究结果可用于卫生监测、儿童疾病预防和规划环境措施，以尽量减少环境因素对人口健康的负面影响。

**关键词：**适应潜力；身体发育；环境因素。

**引用本文：**

Ermolaeva SV. 儿童和青少年在环境压力条件下的适应能力评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):49–60.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

收到: 31.03.2024

接受: 08.07.2024

发布日期: 03.08.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

В настоящее время как зарубежные, так и отечественные исследования свидетельствуют об отрицательной тенденции в состоянии здоровья подрастающего поколения [1]. В ряде исследований, проведённых в последние годы, установлено увеличение числа детей и подростков с отклонениями в физическом развитии. Большинство авторов связывают этот рост с действием следующих неблагоприятных факторов: загрязнение природной среды, недостаточно комфортные климатические условия, неудовлетворительная медико-социальная инфраструктура, дисбаланс микро- и макронутриентов в питании [1–3]. Комплексная оценка состояния окружающей среды и её влияния на здоровье населения должна основываться не только на показателях нахождения загрязняющих веществ в природных средах, но и на ответных реакциях живых организмов на воздействие этих загрязняющих веществ. Особую значимость приобретает мониторинг показателей физического развития детей школьного возраста вследствие их высокой экосенситивности, обусловленной пубертатными изменениями в организме (интенсивные прибавки длины и массы тела, нейрогуморальный и вегетативный дисбаланс) [1]. Адаптационные возможности детей и подростков могут выступать индикаторами развития организма в неблагоприятных условиях среды, так как позволяют оперативно реагировать на изменения среды обитания и находить оптимальный режим работы органов и систем [4, 5]. Комплексный показатель, предложенный Б.М. Баевским и соавт. [6], основанный на взаимоотношении показателей возраста, массы и роста тела, частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, позволяет оценить адаптационный потенциал (АП) подрастающего поколения.

Результаты проведённых исследований взаимодействия разных факторов среды и здоровья населения показывают, что многие вопросы, связанные с риском нарушения здоровья разных половозрастных групп, уровнем воздействия техногенной нагрузки на организм, недостаточно изучены [7–10].

**Цель исследования.** Оценка физического развития и АП детей и подростков, проживающих на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Анализ экологической обстановки территорий Ульяновской области за 2009–2023 гг. произведён на основе собственных исследований проб атмосферного воздуха, питьевой воды из водопроводной сети, почв селитебных зон районов области. Состояние атмосферного воздуха оценивали по концентрации взвешенных веществ, серы диоксида, углерода оксида, азота диоксида, фенола, гидрохлорида, формальдегида, бенз(а)пирена, аммиака,

сероводорода. Оценку проб питьевой воды проводили по анализу следующих показателей: железа, нитратов, сульфатов, хлоридов, фосфатов, цинка, хрома III, марганца, меди. Состояние почвы оценивали по концентрации металлов: кадмия, меди, свинца, цинка, никеля. Все анализы выполняли на базе химико-аналитической лаборатории НИТИ им. С.П. Капицы Ульяновского государственного университета.

По результатам экологического мониторинга, проведённого в 2009–2023 гг., ранжировали территории региона. Анализ показателей загрязняющих веществ позволил рассчитать для каждой природной среды комплексный показатель загрязнения по следующей формуле:

$$K_n = \sum C_n / \text{ПДК}(\text{ПДК}_{\text{с.с.}}), \quad (1.1)$$

где  $K_n$  — комплексный показатель загрязнения природных сред, рассчитанный по кратности превышения гигиенических нормативов ( $n$  — природные среды: атмосферный воздух, питьевая вода, почва);

$C_n$  — среднеарифметические значения концентрации веществ, загрязняющих природную среду, по муниципальным районам региона;

ПДК — предельно допустимая концентрация для вещества, загрязняющего природную среду (питьевую воду, почву);

ПДК<sub>с.с.</sub> — предельно допустимая концентрация для загрязняющего атмосферный воздух вещества.

В результате, с использованием комплексных показателей природных сред рассчитали интегральный коэффициент антропогенной нагрузки (КАН) на окружающую среду.

Расчёт интегральных КАН на окружающую среду, производили по следующей формуле:

$$\text{КАН} = (K_{\text{воздуха}} + K_{\text{воды}} + K_{\text{почвы}}) / n, \quad (1.2)$$

где КАН — интегральный коэффициент антропогенной нагрузки на окружающую среду;

$K_{\text{воздуха}}$  — комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха, рассчитанный по средним арифметическим значениям концентраций;

$K_{\text{воды}}$  — комплексный показатель загрязнения питьевой воды, рассчитанный по кратности превышения гигиенических нормативов;

$K_{\text{почвы}}$  — комплексный показатель загрязнения почвы, рассчитанный по кратности превышения гигиенических нормативов;

$n$  — количество анализируемых природных сред.

Величину классового интервала для оценки антропогенной нагрузки рассчитывали по следующей формуле [11]:

$$C = \frac{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) \times \lg 2}{\lg N}, \quad (1.3)$$

где  $X_{\text{max}}$  — максимальное значение индекса антропогенной нагрузки;

$X_{\text{min}}$  — минимальное значение индекса антропогенной нагрузки;

$N$  — объём выборки, соответствующий числу значений индекса антропогенной нагрузки в границах интервала ( $\min \div \max$ ).

На территории области провели обследование школьников в медицинских кабинетах школ со специальным оборудованием по программе, включающей измерение длины тела (ДТ), массы тела (МТ), окружности грудной клетки (ОГК), что позволило рассчитать индекс массы тела (ИМТ) [12], функциональных параметров частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления. На проведение исследований имеется заключение этической комиссии (акт № 15 от 17.10.2007 г.) Ульяновского государственного университета, все полученные данные обезличены. Обследование проводили в 2008–2023 гг. в 25 образовательных учреждениях, выборка состояла из 5053 учащихся (2663 мальчика и 2390 девочек) в возрасте от 7 до 17 лет, постоянно проживающих в регионе (табл. 1).

Вычисления АП проводили по формуле Б.М. Баевского и соавт. [6]. Чем выше величины АП, тем более значительны изменения функционального состояния системы кровообращения (2,60 и ниже — удовлетворительная адаптация; 2,61–3,09 — напряжение механизмов адаптации; 3,10–3,49 — неудовлетворительная адаптация; 3,50 и выше — срыв механизмов адаптации).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ Microsoft Office Excel 2010 и Statistica Soft 10.1. На основе вычисления критериев Колмагорова–Смирнова и Шапиро–Уилка (с поправкой Лиллиефорса) оценивали распределение показателей подчинению закону нормальности [13].

Статистическая значимость принималась на уровне вероятности более 95% ( $p < 0,05$ ). Результаты сравнения показателей АП детей и подростков по возрастным группам оценивали с помощью  $T$ -критерия Стьюдента и дисперсионного анализа (ANOVA).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате собственного многолетнего мониторинга определили среднемноголетние концентрации загрязняющих веществ [14]. Диапазон значений шкалы качественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду муниципальных образований вычислили с помощью формулы [11] с величиной классового интервала 1,53. Шкала качественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду территорий региона представлена в табл. 2. Интегральные коэффициенты и степень антропогенной нагрузки на окружающую среду представлены в табл. 3.

В результате анализа выявили высокую степень антропогенной нагрузки на окружающую среду в Димитровграде, Чердаклинском районе, Ульяновске и Сенгилеевском районе.

Для сравнительного анализа физического развития и АП детей и подростков выбрали территории Сенгилеевского и Чердаклинского районов, так как эти муниципальные образования наравне с промышленными городами имеют высокую степень антропогенной нагрузки (см. табл. 3). Для группы контроля выбрали районы, в которых отмечена низкая степень антропогенной нагрузки, — Вешкаймский и Сурский.

**Таблица 1.** Численность девочек и мальчиков по возрастам и группам сравнения

**Table 1.** Number of girls and boys across age- and comparison groups

Возраст, лет Age, years	Мальчики, $n$   Boys, $n$		Девочки, $n$   Girls, $n$	
	1-я группа   Group 1	2-я группа   Group 2	1-я группа   Group 1	2-я группа   Group 2
7	134	142	115	128
8	127	119	124	118
9	122	118	84	89
10	121	132	91	87
11	91	72	83	87
12	129	138	114	118
13	118	123	113	77
14	111	112	139	128
15	143	127	93	111
16	149	156	135	129
17	101	78	101	126
Всего	1346	1217	1192	1198
ИТОГО:	2663		2390	

**Таблица 2.** Шкала качественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду территорий региона**Table 2.** Scale for assessing anthropogenic load on the environment

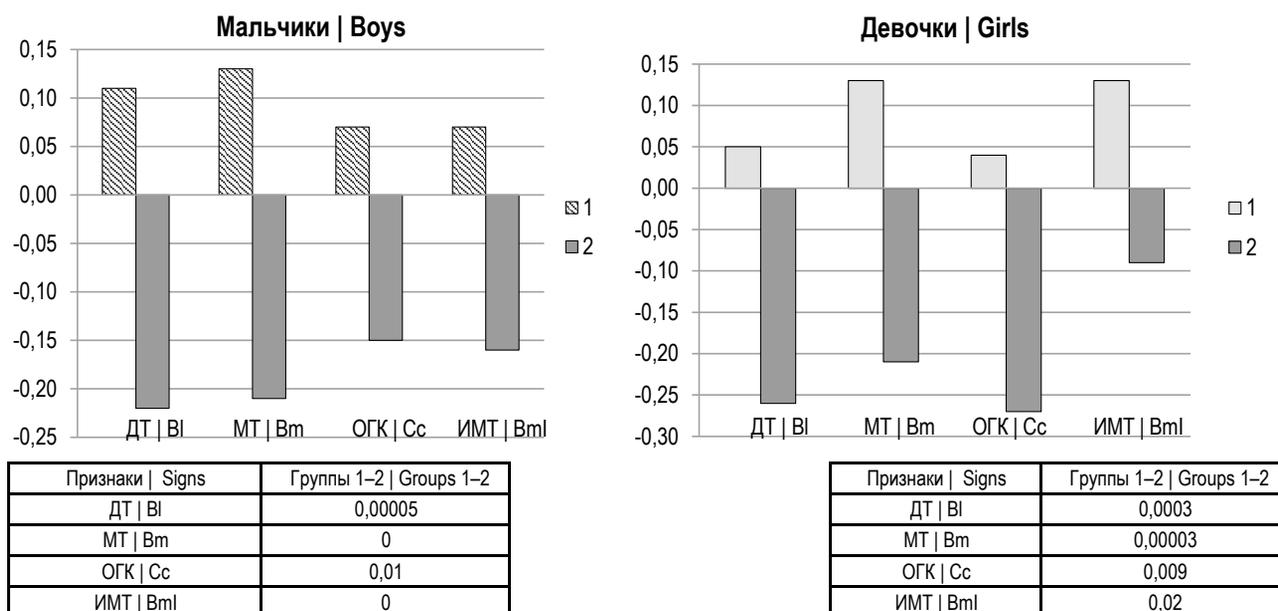
Диапазон значений Range of values	Оценка антропогенной нагрузки на окружающую среду Assessment of anthropogenic load on the environment
1,53÷3,06	Низкая   Low
3,07÷4,60	Средняя   Average
≥4,61	Высокая   High

С помощью процедуры нормирования и дисперсионного анализа сравнили морфометрические показатели школьников, проживающих в районах с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. Из рис. 1 следует, что значения ДТ, МТ, ОГК и ИМТ у мальчиков 1-й группы более выражены в сторону увеличения, чем у мальчиков 2-й группы.

Различия величин ДТ и ОГК имеют высокую степень значимости ( $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,001$ ). У девочек 1-й группы, как и у мальчиков, показатели ДТ, МТ, ОГК и ИМТ выше, чем у девочек 2-й группы [15].

**Таблица 3.** Интегральные коэффициенты антропогенной нагрузки на окружающую среду**Table 3.** Integral coefficients of the anthropogenic load on the environment

Районы Districts	Коэффициенты, ед. Coefficients, units				Степень антропогенной нагрузки на окружающую среду Degree of the anthropogenic load on the environment
	Воздуха Air	Воды Water	Почвы Soil	Антропогенной нагрузки Anthropogenic load	
Радищевский   Radishchevsky	1,99	0,85	0,38	1,07	Низкая   Low
Новомалыклинский   Novomalyklinsky	2,93	0,43	0,47	1,28	Низкая   Low
Вешкаймский   Veshkaimsky	1,96	1,09	0,81	1,29	Низкая   Low
Карсунский   Karsunsky	2,18	1,24	0,57	1,33	Низкая   Low
Цильнинский   Tsilninsky	1,37	1,89	1,05	1,44	Низкая   Low
Старокулаткинский   Starokulatkinsky	2,04	1,28	1,05	1,46	Низкая   Low
Николаевский   Nikolaevsky	2,16	1,46	1,05	1,56	Низкая   Low
Майнский   Mainsky	2,61	0,89	1,40	1,63	Низкая   Low
Тереньгульский   Terengulsky	2,65	1,33	0,92	1,63	Низкая   Low
Кузоватовский   Kuzovatovsky	2,19	2,31	0,92	1,81	Низкая   Low
Павловский   Pavlovsky	2,10	2,44	0,91	1,82	Низкая   Low
Мелекесский   Melekessky	1,65	2,59	1,39	1,88	Низкая   Low
Сурский   Sursky	2,00	2,70	1,03	1,91	Низкая   Low
Барышский   Baryshsky	3,33	2,22	0,53	2,03	Низкая   Low
Ульяновский   Ulyanovsky	4,20	1,12	1,51	2,28	Низкая   Low
Инзенский   Inzensky	5,07	1,17	0,98	2,41	Низкая   Low
Базарносызганский   Bazarnosyzgansky	2,02	6,29	0,72	3,01	Низкая   Low
Новоспасский   Novospassky	7,44	1,03	1,18	3,22	Средняя   Average
Старомайнский   Staromainsky	3,22	5,75	1,03	3,33	Средняя   Average
Новоульяновск   Novoulyanovsk	7,98	0,84	1,45	3,42	Средняя   Average
Сенгилеевский   Sengileevsky	5,56	6,50	1,85	4,63	Высокая   High
Ульяновск   Ulyanovsk	15,85	0,97	1,52	6,11	Высокая   High
Чердаклинский   Cherdaklinsky	2,74	15,23	1,66	6,54	Высокая   High
Димитровград   Dimitrovgrad	21,99	0,71	1,49	8,06	Высокая   High



**Рис. 1.** Результаты дисперсионного анализа (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ) нормированных отклонений морфометрических показателей мальчиков и девочек, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду: ДТ — длина тела; МТ — масса тела; ОГК — окружность грудной клетки; ИМТ — индекс массы тела.

**Fig. 1.** Results of analysis of variance (ANOVA,  $p \leq 0.05$ ) of normalized deviations of morphometric indicators of boys and girls living in areas with varying degrees of anthropogenic pressure on the environment: Bl — body length, Bm — body mass, Cc — chest circumference, Bml — body mass index.

У мальчиков, проживающих на неблагоприятных территориях, САД и ЧСС ниже, чем у проживающих в районах с низкой антропогенной нагрузкой на окружающую среду. Причём различия с высокой степенью значимости отмечены только для САД. У девочек, в отличие от мальчиков, все функциональные показатели значительно выше в экологически неблагоприятных районах. Значения функциональных показателей девочек, проживающих на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, гораздо выше значений артериального давления и ЧСС девочек, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, причём с высокой степенью значимости  $p \leq 0,01$  (рис. 2).

Определение АП системы кровообращения производили по формуле, включающей показатели ЧСС, САД и ДАД, а также возраст, ДТ и МТ. По шкале значений АП у большинства школьников выявили удовлетворительную адаптацию, но также наблюдается у мальчиков и девочек обеих групп напряжение механизмов адаптации. Так, в 1-й группе напряжение адаптационных систем отмечено у 4,5% мальчиков и у 4,1% девочек от числа всех детей 8-летнего возраста. Во 2-й группе выявлены дети и подростки с напряжением механизмов адаптации в возрасте 8 лет — 13,3% мальчиков и 10,0% девочек, в возрасте 17 лет — 12,0% мальчиков и 10,0% девочек (от количества подростков данной возрастной группы). Кроме этого, у подростков 2-й группы в возрасте 17 лет выявлена неудовлетворительная адаптация: у 1,6% мальчиков и 1,0% девочек.

Медианные значения АП мальчиков и девочек, проживающих в районах с разным качеством окружающей среды, представлены на рис. 3.

Медианные значения АП мальчиков и девочек районов 2-й группы (Сенгилеевский и Чердаклинский районы) выше значений АП мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. В Сенгилеевском районе отмечены экстремальные значения, которые показывают наличие детей и подростков с напряжением механизмов адаптации и с неудовлетворительной адаптацией организма. Подростки с такими показателями есть и в Сурском районе. Причинами снижения АП могут быть не только факторы экологического характера [5, 7].

Расчёт оценки АП школьников показал, что среднегрупповые значения АП у мальчиков и девочек выше в районах 2-й группы, где отмечается высокая степень антропогенной нагрузки на окружающую среду. В табл. 4 приведены результаты сравнения среднегрупповых показателей АП школьников, проживающих на территориях, отличающихся степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду.

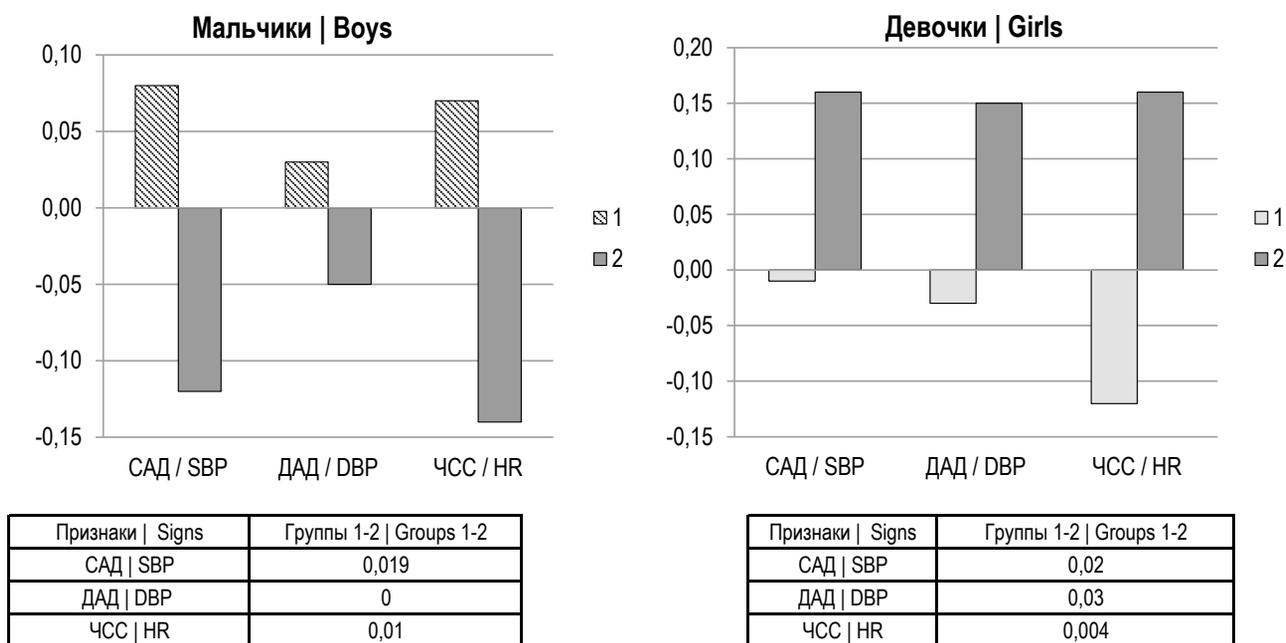
По всем возрастным группам школьников, проживающих в районах с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, сравнили значения АП. Статистически значимые различия отмечены у мальчиков во всех возрастных группах, кроме 8, 10 и 14 лет, у девочек статистически значимые различия отмечаются в возрастных группах 7, 10, 12, 16 и 17 лет. Результаты сравнения

показателей АП детей и подростков по возрастным группам представлены в табл. 5.

У мальчиков различия в показателях АП между группами выявлены на трёх этапах развития: в 7–9 лет, 11–13 лет и 15–17 лет. У девочек различия в показателях АП близки с различиями тех возрастных групп, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим их количеством и с некоторым сдвигом возрастов, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних.

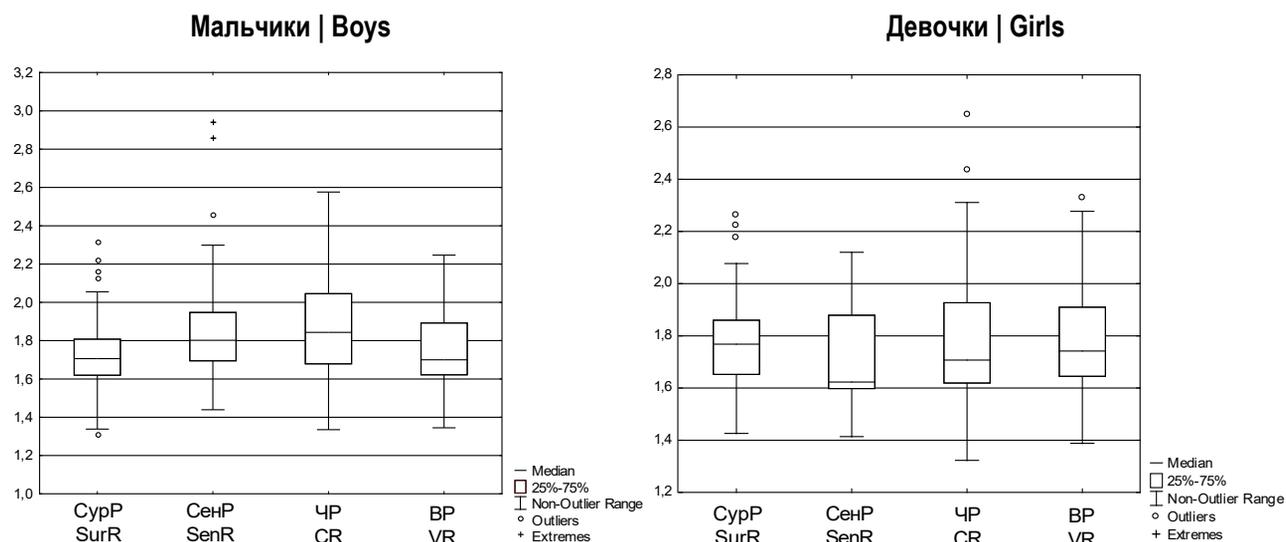
## ОБСУЖДЕНИЕ

У школьников обоих полов, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, показатели ДТ, МТ, ОГК и ИМТ имеют более высокие значения по сравнению со школьниками, проживающими на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. У девочек 1-й группы, как и у мальчиков, показатели ДТ, МТ, ОГК



**Рис. 2.** Результаты дисперсионного анализа нормированных отклонений функциональных показателей мальчиков и девочек, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду: САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.

**Fig. 2.** Results of analysis of variance of normalized deviations of functional indicators of boys and girls living in areas with varying degrees of anthropogenic pressure on the environment: SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; HR — heart rate.



**Рис. 3.** Медианные значения адаптационного потенциала (в баллах) мальчиков и девочек, проживающих в районах с разным качеством окружающей среды: SurP — Сурский район; СенР — Сенгилеевский район; ЧР — Чердаклинский район; ВР — Вешкаймский район.

**Fig. 3.** Median values of adaptive potential (in points) of boys and girls living in areas with different environmental quality: SurR — Sursky district; SenR — Sengileevsky district; CR — Cherdaklinsky district; VR — Veshkaimsky district.

**Таблица 4.** Результаты сравнения среднегрупповых показателей адаптационного потенциала школьников, проживающих на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду

**Table 4.** Adaptive capacity of children and adolescents across groups with different anthropogenic load on the environment

Пол Gender	1-я группа   Group 1		2-я группа   Group 2		t-value	p
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.		
Мальчики   Boys	1,47	0,50	1,79	0,22	-11,0368	0,0000001
Девочки   Girls	1,53	0,49	1,77	0,21	-8,50313	0,0000001

**Таблица 5.** Результаты сравнения показателей адаптационного потенциала детей и подростков, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, по возрастным группам

**Table 5.** Adaptive capacity of children and adolescents with different anthropogenic load on the environment, stratified by age

Возраст, лет Age, years	Мальчики   Boys				Девочки   Girls			
	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	t-value	p	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	t-value	p
7	1,20	1,70	-3,45	0,0029	1,20	1,73	-3,71	0,0016
8	1,40	1,94	-1,54	0,1624	1,77	1,69	0,63	0,5315
9	1,46	1,79	-3,09	0,0033	1,63	1,76	-0,71	0,4907
10	1,58	1,71	-1,37	0,1744	1,49	1,73	-2,75	0,0075
11	1,44	1,71	-3,17	0,0022	1,64	1,69	-0,57	0,5704
12	1,08	1,70	-6,21	0,0001	1,40	1,69	-2,46	0,0185
13	1,44	1,79	-4,26	0,0001	1,64	1,77	-1,89	0,0615
14	1,72	1,76	-0,53	0,5944	1,57	1,73	-1,52	0,1340
15	1,46	1,84	-4,13	0,0001	1,50	1,72	-1,55	0,1319
16	1,39	1,76	-4,31	0,0001	1,32	1,79	-6,13	0,0001
17	1,48	1,93	-6,75	0,0001	1,56	1,86	-5,63	0,0001

и ИМТ выше, чем у девочек 2-й группы, но эти различия немного меньше, чем у мальчиков, хотя и имеют высокую степень значимости  $p \leq 0,01$ . Отмечено, что у мальчиков, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, разница в показателях ДТ и МТ более выражена, чем у девочек. В связи с этим некоторые исследователи отмечают большую чувствительность к влиянию внешних факторов (экогенсительность) лиц мужского пола [16].

У мальчиков, проживающих на неблагополучных территориях, САД и ЧСС ниже, чем у проживающих в условиях экологического благополучия. У девочек, в отличие от мальчиков, все функциональные показатели значительно выше в экологически неблагополучных районах.

Медианные значения АП мальчиков и девочек районов 2-й группы выше значений АП мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. У мальчиков различия в показателях АП между группами выявлены на трёх этапах развития: в 7–9 лет, 11–13 лет и 15–17 лет. Первый этап — 7–9 лет, так как этот возрастной период входит в период онтогенеза,

когда вклад внешних средовых воздействий в развитие детей значительно превышает степень генетической детерминированности [17]. Второй этап — 11–13 лет, поскольку этот возраст некоторыми авторами определяется периодом «спуртового биологического скачка», когда целый ряд показателей достигает максимальных величин и в дальнейшем может подвергаться регрессии [17]. Третий этап — 15–17 лет, именно в этом возрастном периоде наблюдается неустойчивость вегетативной нервной и эндокринной систем, а также отмечается психическое и физическое перенапряжение у подростков, что накладывает на неблагоприятные экологические условия [16].

У девочек различия в показателях АП близки с различиями тех возрастных групп, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим их количеством и с некоторым сдвигом возрастов, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних. Полученные данные согласуются с исследованиями Н.Н. Тятенковой и соавт., которые заключают, что «девушки, независимо от уровня образования и социального статуса, обладали более высокими функциональными и адаптационными резервами кардиореспираторной

системы по сравнению с юношами» [18]. Результаты исследований показывают большую устойчивость адаптационных систем у девочек по сравнению с мальчиками [19]. Исследования Н.А. Долгушиной и соавт. по оценке АП детей Магнитогорска показали удовлетворительную адаптацию у большинства детского населения, мальчики, по сравнению с девочками, обладают более низкими возможностями адаптационных систем [20].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования установлено, что у школьников обоих полов, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, морфологические и функциональные показатели имеют более высокие значения по сравнению со школьниками, проживающими на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. У большинства школьников выявлена удовлетворительная адаптация, но есть мальчики и девочки в обеих группах с напряжением механизмов адаптации.

Медианные значения АП мальчиков и девочек районов 2-й группы выше значений АП мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. У мальчиков различия в показателях АП между группами выявлены на трёх этапах развития: в 7–9 лет, 11–13 лет и 15–17 лет. У девочек различия в показателях АП близки к различиям тех возрастных групп, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим их количеством и с некоторым сдвигом, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грицинская В.Л., Новикова В.П., Гладкая В.С. Антропометрические показатели детей 8–14 лет в трёх городах России // Экология человека. 2020. Т. 27, № 11. С. 38–45. EDN: INSLUP doi: 10.33396/1728-0869-2020-11-38-45
2. Салдан И.П., Пашков А.П., Жукова О.В. Сравнительный анализ физического развития школьников 7–10 лет в городской и сельской местности // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 3. С. 308–313. EDN: SIJTUL doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-308-313
3. Золотникова Г.П., Захаров Н.Е., Кургуз Р.В. Влияние экологических особенностей и уровня антропогенной нагрузки районов проживания на состояние здоровья учащихся профессиональных образовательных организаций // Проблемы региональной экологии. 2021. № 1. С. 66–70. EDN: KRWVHQ doi: 10.24412/1728-323X-2021-1-66-70
4. Агаджанян Н.А., Жученко мл. А.А., Черкасов А.В. Экология человека в современном мире. М.: Щербинская тип., 2014.
5. Филиппова К.К., Никифорова В.А. Измерение адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у лиц, пребывающих в экстремальной среде обитания. В кн.: Среда,

Результаты исследований могут быть использованы для санитарно-гигиенического мониторинга, профилактики детской заболеваемости и планирования экологических мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия факторов среды на здоровье населения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, одобрение финальной версии перед публикацией).

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Информированное согласие на участие в исследовании.** Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** The author confirms that her authorship meets the international ICMJE criteria (significant contribution to the development of the concept, research and writing of the article, approval of the final version before publication).

**Funding source.** No external funding.

**Competing interests.** The author declares no competing interests.

**Patients' consent.** Written consent was obtained from all the participants. The study protocol was approved by the local ethic committee.

окружающая человека: природная, техногенная, социальная: материалы VIII международной научно-практической конференции. 2019. С. 215–219. EDN: CZA0YQ

6. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М.: Медицина, 1997.
7. Прокопьев Н.Я., Губин Д.Г., Дуров А.М., и др. Адаптационный потенциал по Р.М. Баевскому у мужчин юношеского возраста, занимающихся плаванием в ледяной воде // Тюменский медицинский журнал. 2018. Т. 20, № 4. С. 25–29. EDN: VTSTLQ
8. Павлова О.Н., Громова Д.С., Макарова-Горбачёва Е.В., и др. Анализ адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы студентов, обучающихся на медицинских специальностях // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2023. Т. 13, № 6. С. 34–37. EDN: QYQWJG doi: 10.20340/vmi-rvz.2023.6.PHYS.3
9. Беляева В.А., Такоева Е.А. Адаптационный потенциал системы кровообращения и вариабельность сердечного ритма у студентов-медиков // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. С. 124. doi: 10.17513/spno.29313

10. Куликов В.М., Ковалев С.А., Сакович О.Н., Молчан М.А. Диагностика функционального состояния студентов СМГ на основе оценки адаптационного потенциала. В кн.: Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов: материалы II международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию кафедры физического воспитания и спорта БГУ. Минск, 2023. С. 434–438. EDN: TMCMLV
11. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика. СПб.: Фолиант, 2006. EDN: QLLPUL
12. Rinaldo N., Gualdi E. Anthropometric Techniques // *Annali Online dell'Universita di Ferrara*. 2015. Vol. 10, N 9. P. 275–289.
13. Методы статистической обработки медицинских данных: методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников / сост.: А.Г. Кочетов, О.В. Лянг., и др. М.: РКНПК, 2012. EDN: VJEPAF
14. Ермолаева С.В., Хисамутдинов Д.И. Оценка окружающей среды и здоровье населения антропогенно нарушенных территорий региона // *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2023. № 2. С. 145–154. EDN: SIRWCI doi: 10.34014/2227-1848-2023-2-145-154
15. Ермолаева С.В., Хайруллин Р.М. Региональные особенности антропометрических показателей мальчиков и девочек школьного возраста г. Ульяновска и Ульяновской области // *Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология*. 2017. № 1. С. 42–56. EDN: YRGPLV
16. Синева И.М., Пермякова Е.Ю., Хафизова А.А., и др. Изучение комплексного влияния биосоциальных факторов на показатели морфофизиологической адаптации современной молодежи в условиях городского стресса // *Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология*. 2022. № 1. С. 23–40. EDN: DRKMMU doi: 10.32521/2074-8132.2022.1.023-040
17. Дробинская А.О. Анатомия и возрастная физиология. М.: Юрайт, 2024.
18. Тятенкова Н.Н., Аминова О.С. Оценка функциональных возможностей кардиореспираторной системы у молодежи // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. Т. 29, № 7. С. 50–56. EDN: ATSBXQ doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-50-56
19. Пашутина Е.Н., Гарская Н.А. Оценка физического здоровья школьников как анализ адаптационных возможностей // *Современные вопросы биомедицины*. 2022. Т. 6. № 1. С. 42. EDN: MMJPSY doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_01\_42
20. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А., Антипанова Н.А., и др. Оценка показателей состояния здоровья и адаптационных возможностей организма детей города Магнитогорска // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2019. № 5. С. 80–85. EDN: IFSYAQ doi: 10.24411/2075-4094-2019-16418

## REFERENCES

1. Gritsinskaya VL, Novikova VP, Gladkaya VS. Anthropometric characteristics of 8–14 years old children in three Russian cities. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(11):38–45. EDN: INSLUP doi: 10.33396/1728-0869-2020-11-38-45
2. Saldan IP, Pashkov AP, Zhukova OV. Comparative analysis of the physical development of schoolchildren of 7–10 years in urban and rural areas. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(3):308–313. EDN: SIJTUL doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-308-313
3. Zolotnikova GP, Zakharov NE, Kurguz RV. Influence of ecological features and the level of anthropogenic load of the residential areas on the health status of the students of professional educational organizations. *Regional Environmental Issues*. 2021;(1): 66–70. EDN: KRWWHQ DOI: 10.24412/1728-323X-2021-1-66-70
4. Agadzhanian NA, Zhuchenko ml. AA, Cherkasov AV. Human ecology in the modern world. Moscow: Sherbinskaya tip.; 2014. (In Russ.)
5. Filippova KK, Nikiforova VA. Measuring the adaptive potential of the cardiovascular system in people living in extreme environments. In: *Human environment: natural, man-made, social: Materials of the VIII international scientific and practical conference*. 2019. P. 215–219. (In Russ.) EDN: CZA0YQ
6. Baevskij RM, Berseneva AP. Assessment of the body's adaptive capabilities and the risk of developing diseases. Moscow: Medicina; 1997. (In Russ.)
7. Prokopiev NY, Gubin DG, Durov AM, et al. Adaptation potential by R.M. Baevsky at young people who have swummed in the ice water. *Tyumen Medical Journal*. 2018;20(4):25–29. (In Russ.) EDN: VTSTLQ
8. Pavlova ON, Gromova DS, Makarova-Gorbacheva EV, et al. Analysis of the adaptive potential of the cardiovascular system of students studying in medical specialties. *Bulletin of the medical institute "REAVIZ"(Rehabilitation, Doctor and Health)*. 2023;13(6):34–37. EDN: QYQWJG doi: 10.20340/vmi-rvz.2023.6.PHYS.3
9. Belyayeva VA, Takoeva EA. Adaptive potential of the circulatory system and heart rate variability in medical students. *Modern Problems of Science and Education*. 2019(6):124. doi: 10.17513/spno.29313
10. Kulikov VM, Kovalev SA, Sakovich ON, Molchan MA. Diagnosis of the functional state of SMG students based on the assessment of adaptation potential. In: *Scientific and methodological support for physical education and sports training of students: Materials of the II international scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Department of Physical Education and Sports of BSU*. Minsk; 2023. P. 434–438. (In Russ.) EDN: TMCMLV
11. Zajcev VM, Lifyandskij VG, Marinkin VI. Applied medical statistics. St. Petersburg: Folio; 2006. (In Russ.) EDN: QLLPUL
12. Rinaldo N, Gualdi E. Anthropometric Techniques. *Annali Online dell'Universita di Ferrara*. 2015;10(9):275–289.
13. Methods of statistical processing of medical data: Methodological recommendations for residents and graduate students of medical educational institutions, researchers / compiled by: A.G. Kochetov, O.V. Lyang., V.P. Masenko, et al. Moscow: RKNPK; 2012. (In Russ.) EDN: VJEPAF
14. Ermolaeva SV, Khisamutdinov DI. Evaluation of environmental and public health status under anthropogenic disturbance. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2023;(2):145–154. EDN: SIRWCI doi: 10.34014/2227-1848-2023-2-145-154
15. Ermolaeva SV, Khayrullin RM. Regional features of anthropometric indices of school-age boys and girls from Ulyanovsk city and Ulyanovsk region. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2017;(1):42–56. EDN: YRGPLV

16. Sineva IM, Permiakova E.YU., Khafizova AA, et al. Study of the complex influence of biosocial factors on the morphophysiological adaptation of modern youth in conditions of urban stress. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2022;(1):23–40. EDN: DRKMMU doi: 10.32521/2074-8132.2022.1.023-040
17. Drobinskaya AO. Anatomy and age physiology. Moscow: Yurait; 2024. (In Russ.)
18. Tyatenkova NN, Aminova OS. Assessment of functional capacities of the cardiorespiratory system in young adults. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2021;29(7):50–56. EDN: ATSBXQ doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-50-56
19. Pashutina EN, Garskaya NA. Assessment of physical health of schoolchildren as an analysis of adaptive capabilities. *Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(1):42. EDN: MMJPSY doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_01\_42
20. Dolgushina NA, Kuvshinova IA, Antipanova NA, et al. Evaluation of indicators of health and adaptation possibilities of the children's organism of Magnitogorsk. *Bulletin of new medical technologies. Electronic edition*. 2019;(5):80–85. EDN: IFSYAQ doi: 10.24411/2075-4094-2019-16418

## ОБ АВТОРЕ

**\*Ермолаева Светлана Вячеславовна**, канд. биол. наук, доцент;  
адрес: Россия, 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42;  
ORCID: 0000-0002-7791-5001;  
eLibrary SPIN: 9426-7017;  
e-mail: erm\_iv@mail.ru

## AUTHOR'S INFO

**Svetlana V. Ermolaeva**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;  
address: 42 L. Tolstoy str., Ulyanovsk, 432017, Russia;  
ORCID: 0000-0002-7791-5001;  
eLibrary SPIN: 9426-7017;  
e-mail: erm\_iv@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author