ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

DOI 10.15593/2409-5125/2015.01.06

УДК 574.24

О.С. Углицких

Пермский государственный научный
исследовательский университет

Д.А. Кирьянов, О.Ю. Устинова

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий
управления рисками здоровью населения

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТАЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ К ИЗМЕНЕНИЮ РЕЖИМА ИХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассматривается проблема влияния временного десинхроноза на жизнедеятельность приматов. Приведены результаты экспериментальных данных. Выявлена связь между сдвигом кормления приматов по времени и показателями, отражающими дезадаптацию и последующую адаптацию приматов, что может говорить о влиянии фактора смены исчисления времени на жизнедеятельность живых организмов, в том числе и человека.

Ключевые слова: десинхроноз, жизнедеятельность приматов, сценарные условия, гормоны стресса, адаптация.

Ряд административных и законодательных решений в сфере изменений систем исчисления времени на территории России обусловили актуальность исследований с целью получения достоверной и объективной информации о дезадаптации и адаптации организма человека к временному десинхронозу (лат. *de* – отрицание, *syn* – вместе, *chronos* – время), а также об уровне его стресса, при различных сценарных условиях изменений во времени [1, 2].

Активное обсуждение проблем, связанных с изменением времяисчисления, на уровне общества и органов государственной власти позволило инициировать ряд научных исследований влияния отклонений административного времени от астрономического (вре-

менного десинхроноза) на здоровье населения, в результате которых были получены закономерности формирования нарушения популяционного здоровья населения Пермского края и города Перми [3–5].

Для решения задачи оценки адаптационных возможностей живых организмов к изменению режима их жизнедеятельности было выполнено моделирование временного десинхроноза. В качестве объекта исследования выбрана популяция приматов вида Японский макак (*Macaca fuscata*) [6], содержащихся вне воли в условиях зоо-сада, как наиболее близких к человеку представителей животного мира. Результаты исследования позволяют оценить риск влияния изменения исчисления времени на население.

Цель работы – оценить влияние изменений параметров системы исчисления времени на адаптационные возможности живых организмов, в том числе человека.

Материалы и методы. Работа была выполнена на основе проведения и анализа результатов эксперимента по моделированию десинхроноза на животных. В качестве модели животных была выбрана стая приматов.

Эксперимент общей длительностью 3 недели проводился в два этапа. На первом этапе производился замер фонового уровня контролируемых параметров в естественных условиях содержания приматов. Длительность первого этапа составляла 1 неделю. Второй этап эксперимента связан с моделированием изменения условий исчисления времени с последующим замером изменения контролируемых параметров. Длительность второго этапа составляла две недели.

Моделирование изменения условий исчисления времени производилось за счет смещения времени кормления приматов на 2 ч вперед относительно обычного времени кормления.

В ходе экспериментальных исследований определялось влияние смещения режимов кормления относительно естественного светового дня на жизнедеятельность приматов и изменение параметров поведения (всего 9 показателей), выраженное в проявлении локомоции (перемещение животных в пространстве, обусловленное их активными действиями), груминга (активное поведение животных, направленное на очистку поверхности тела), пищевой деятельности (еда), агрессии. Также изучалась степень стресса животных путем проведения измерений уровня гормонов в моче животных.

В ходе всего эксперимента учитывались климатические показатели (осадки, давление, температура и ветер). Данные были занесены в специальный журнал наблюдений за животными, всего произведена 21 запись.

Определение параметров поведения заключалось в визуальном наблюдении за проявлениями активности, коммуникабельности, локомоции, нервного состояния и агрессии у приматов.

В рамках эксперимента проведен сбор мочефекальных масс для изучения уровня гормонов стресса (кортизола и кортикостерона). Замер биохимических показателей, отражающих степень стресса приматов (кортизола и кортикостерона), производился с помощью методов бесконтактного анализа (ИФА) уровня гормонов в среднегрупповых пробах мочи. Отбор проб и визуальные наблюдения производились ежедневно, за 2 ч до начала кормления.

Обработка данных экспериментальных исследований поведения животных при изменении режима кормления проводилась с помощью методов непараметрической статистики (критерий хи-квадрат и критерий Манна–Уитни). Сравнительный анализ результатов лабораторных исследований выполнялся на основе двухвыборочного критерия Стьюдента.

Анализ динамики показателей поведения животных. На основании критерия Манна–Уитни ($p < 0,05$) был выполнен сравнительный анализ показателей поведения животных до начала эксперимента (первая неделя) и после начала эксперимента (последующие две недели), в результате были получены достоверные различия по следующим показателям: «нервное состояние», «крикливость», «агрессия», «питание», «коммуникабельность» и «активность». При этом по показателям «состояние здоровья», «отношение к игрушкам», «расположение в вольере» на протяжении всего наблюдения у всех особей оставалось стабильным (рис. 1).

На рис. 1 видно, что начиная с 09.09.2013 (начало моделирования десинхроноза) повышаются средние значения показателей «нервное состояние», «крикливость», «агрессия», «питание». Причем после резкого скачка «нервное состояние» через пять дней начинает постепенно снижаться, но все еще продолжает находиться на достаточно высоком уровне, что может быть связано с адаптацией к изменению режима.

Рис. 1. Динамика показателей поведения исследуемых особей в среднем по группе

Кроме того, анализ показал, что динамика показателей поведения не зависит от пола и возраста особи, т.е. животные реагируют на изменение режима кормления одинаково.

Следует отметить, что средние значения показателей «нервное состояние», «крикливость» и «агрессия» среди особей мужского пола выше, чем среди особей женского пола, что может говорить о большей восприимчивости мужских особей к смене режима.

Изменения показателей «активность», «коммуникабельность» и «отношение к игрушкам» в результате смены режима выражены не так ярко, но являются важными критериями для нормальной жизнедеятельности приматов.

Сравнивая особей с различным положением в иерархии стаи, можно заметить, что у особей, занимающих доминирующее положение, показатели «нервное состояние», «агрессия», «крикливость» выше, чем у особей, не имеющих такое положение.

В наблюдаемый период отмечены тенденции к понижению температуры и к снижению влажности воздуха. Характер изменений давления и скорости ветра не имеет явного тренда, высокие и низкие значения присутствуют как в первую, так и в последние две недели.

Динамика уровня гормонов стресса. В результате исследований было обнаружено, что при смоделированном путем смещения времени кормления десинхронозе ответ организма выражает-

ся всплеском гормонов стресса, а именно кортизола и кортикостерона. В качестве критерия для оценки различий использовался двухвыборочный критерий Стьюдента.

На рис. 2 приведена динамика концентраций кортизола и кортикостерона. Наблюдается тенденция к увеличению уровня гормонов стресса в моче.

Рис. 2. Динамика содержания кортизола (а) и кортикостерона (б) в отобранных пробах

На рис. 3 приведены средние значения кортизола и кортикостерона в первую неделю и две последующие недели эксперимента.

Рис. 3. Средние значения кортизола (а) и кортикостерона (б) в отобранных пробах

Анализ средних концентраций показателей в первую и в две последующие недели выявил статистически достоверное межгрупповое различие между ними ($p < 0,03$).

Для связи показателей, наблюдаемых у приматов, с факторами среды обитания было проведено стандартное многомерное линейное регрессионное моделирование. Выбор модели был выполнен на основе нашего анализа и предварительных сведений о взаимосвязи между факторами. Коэффициенты были получены обычным методом наименьших квадратов. Последовательно построены модели влияния погодных условий и временного фактора на каждый параметр, характеризующий состояние приматов.

При рассмотрении зависимости выработки кортизола была принята гипотеза о временном лаге между воздействием и ответом, в данном случае значение лага составило двое суток. Полу-

ченная зависимость влияния погодных и временных условий на концентрацию кортизола записывается в следующем виде:

$$Cortisol = 3,823 \times Hum + 4,63 \times Press + 15,539 \times Temp + 35,079 \times Wind + 169,811 \times (Factor = 1) - 3802,425, \quad (1)$$

где *Cortisol* – концентрация кортизола, нг/мл; *Hum* – влажность воздуха, %; *Press* – давление атмосферного воздуха, мм рт. ст.; *Temp* – температура воздуха, °C; *Wind* – скорость ветра, м/с; *Factor* – фактор временного смещения (1 – смещение кормления на 2 ч, 0 – отсутствие смещения).

Сравнение результатов численного моделирования и реальных данных приведено на рис. 4.

Рис. 4. Динамика значений кортизола, полученных в реальных замерах и с помощью модели

Проведенный дисперсионный анализ выявил статистически значимую связь между кортизолом и временным фактором. Предикторы *Hum*, *Wind*, *Factor* с большой вероятностью влияют на концентрацию кортизола. Коэффициент детерминации полученной модели составил 0,23.

При рассмотрении зависимости выработки кортикостерона была принята гипотеза о временном лаге между воздействием и ответом, в данном случае значение лага составило одни сутки. Полу-

ченная зависимость влияния погодных и временных условий на концентрацию кортикостерона записывается в следующем виде:

$$Cortic = 0,131 \times Hum + 0,311 \times Press + 1,707 \times Temp + 1,09 \times Wind + 9,337 \times (Factor = 1) - 257,532, \quad (2)$$

где *Cortic* – концентрация кортикостерона, нг/мл; *Hum* – влажность воздуха, %; *Press* – давление атмосферного воздуха, мм рт. ст.; *Temp* – температура воздуха, °C; *Wind* – скорость ветра, м/с; *Factor* – фактор временного смещения (1 – смещение кормления на 2 ч, 0 – отсутствие смещения).

Сравнение результатов численного моделирования и реальных данных приведено на рис. 5.

Рис. 5. Динамика значений кортикостерона, полученных в реальных замерах и с помощью модели

Проведенный дисперсионный анализ выявил статистически значимые связи между кортикостероном и влажностью, температурой, временным фактором. Предикторы *Hum*, *Wind*, *Factor* с большой вероятностью влияют на значение концентрации кортикостерона. Коэффициент детерминации полученной модели составил 0,417.

Результаты анализа характера связей между факторами окружающей среды и характеристиками поведения следующие:

1) не выявлено статистически значимых связей между активностью (коэффициент детерминации полученной модели $R^2 = 0,04$) и параметрами окружающей среды, а также между коммуникабельностью ($R^2 = 0,37$) и параметрами окружающей среды;

2) выявлены статистически значимые связи между питанием и всеми анализируемыми параметрами окружающей среды, а также между крикливостью и всеми анализируемыми параметрами окружающей среды, кроме скорости ветра. Предиктор *Factor* с большой вероятностью влияет на значение параметров питания ($R^2 = 0,774$) и крикливости приматов ($R^2 = 0,577$);

3) выявлены статистически значимые связи между нервным состоянием приматов и всеми анализируемыми параметрами окружающей среды, кроме давления. Предикторы *Factor* и *Press* с большой вероятностью влияют на значение параметра нервного состояния приматов ($R^2 = 0,885$);

4) выявлены статистически значимые связи между агрессией и всеми анализируемыми параметрами окружающей среды, кроме скорости ветра и температуры воздуха. Предикторы *Factor* и *Hum* с большой вероятностью влияют на значение параметра агрессивного состояния приматов ($R^2 = 0,696$).

Закключение. Проведенные исследования показали статистически значимую связь между содержанием адаптивных гормонов надпочечников (кортизола и кортикостерона) в пробах мочи и временным фактором. Но в связи с тем, что гормоны меряются не напрямую в крови, существует временной лаг между воздействием и ответом.

Несмотря на то, что обнаружены значимые влияния погодных условий, таких как влажность, температура и ветер, основной стресс у животных наблюдается за счет изменения временного фактора.

При этом не установлено явного влияния ни одного из выбранных природных факторов на такие поведенческие проявления приматов, как активность и коммуникабельность. Это может говорить о более отдаленных эффектах влияния выбранных факторов, превышающих по времени анализируемый период.

Также в результате эксперимента была выявлена явная статистически значимая связь между временным фактором и параметрами поведения, такими как питание, нервное состояние,

крикливость, агрессия. Данные поведенческие параметры в большей степени характеризуют состояние дезадаптации приматов.

В заключение можно сказать, что в результате эксперимента была выявлена связь между сдвигом кормления приматов по времени и показателями, отражающими дезадаптацию приматов, что может говорить о влиянии фактора смены исчисления времени на их жизнедеятельность. Также было учтено влияние погодных условий на проявление стресса. Результаты показывают, что через 2–3 недели можно ожидать адаптацию к этому стрессу, как по поведенческим показателям, так и по уровню стресса. Проведенное исследование является одним из оснований для утверждения о том, что незначительные нарушения здоровья живых организмов, в том числе и человека, могут возникать в период смены исчисления времени, с незначительным периодом адаптации.

Библиографический список

1. Колесников С.И. Пусть всегда будет лето: о проблеме перехода на летнее/зимнее время // Профиль. – 2011. – № 10. – С. 59.
2. Новиков Н.Ю. Отмена переходов на летнее и зимнее время в Российской Федерации // Федеральный справочник. – М., 2011. – Вып. 25. – С. 189–194.
3. Новикова О.С., Кирьянов Д.А. Медико-биологические аспекты изменения соотношения административного и астрономического времени на территории РФ // Экологические проблемы антропогенной трансформации городской среды: бюл. междунар. конф. – Пермь, 2013. – С. 187–190.
4. Кирьянов Д.А., Новикова О.С., Алексеев В.Б. Оценка влияния на здоровье населения систем исчисления времени // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 11 (248). – С. 46–47.
5. Сравнительный анализ вероятных последствий влияния на здоровье граждан различных сценарных условий исчисления времени / В.Б. Алексеев, Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, М.Р. Камалдинов, О.С. Новикова // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 1. – С. 88–98.
6. Японский макак [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Японский_макак (дата обращения: 25.12.2014).

References

1. Kolesnikov S.I. Pust vseгда budet leto: o probleme perekhoda na letnee/zimnee vremya [May there always be summer: the problem of the summer / winter time]. *Profil*, 2011, no. 10, p. 59.
2. Novikov N.U. Otmena perekhodov na letnee i zimnee vremya v Rossijskoj Federatsii [Cancel daylight saving time in the Russian Federation]. *Federalnyj Spravochnik*, 2011, vol. 25, pp. 189–194.
3. Novikova O.S., Kiryanov D.A. Mediko-biologicheskie aspekty izmeneniya sootnosheniya administrativnogo i astronomicheskogo vremeni na territorii RF [Medical and biological aspects of changes ratio of administrative and astronomical time in the Russian Federation]. *Bulleten Mezhdunarodnoj konferentsii «Ecologicheskie problemy antropogennoj transformatsii gorodskoj sredy»*. Perm, 2013, pp. 187–190.
4. Kiryanov D.A., Novikova O.S., Alekseyev V.B. Otsenka vliyaniya na zdorovie naseleniya system ischisleniya vremeni [Assessing the impact on health systems of calculation time]. *Zdorovie naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 11 (248), pp. 46–47.
5. Alekseyev V.B., Kiryanov D.A., Tsinker M.U., Kamaltdinov M.R., Novikova O.S. Sravnitelnyj analiz veroyatnostnykh posledstvij vliyaniya na zdorovie grazhdan razlichnykh scenarnykh uslovij ischisleniya vremeni [Comparative analysis of expectable consequences of impact on the health of citizens of different scenario conditions of time computation]. *Analiz riska zdoroviyu*, 2014, no. 1, pp. 88–98.
6. Yaponskij makak [Japanese macaques], available at: http://ru.wikipedia.org/wiki/Японский_макак (accessed 25 December 2014).

Получено 1.02.2015

O. Uglitskikh, D. Kiryanov, O. Ustinova

EXPERIMENTAL RESEARCH OF LIVING ORGANISMS

ADAPTATION TO LIFE MODE CHANGES

Considered the problem of influence desynchronosis on the life of primates. Shows the results of the data experimental. identify the connection between the displacement feeding time for primate and indicators reflecting disadaptation and

following adaptation of primates that can talk about the influence factor calculation time change on the life organisms, including humans.

Keywords: desynchronosis; livelihoods of primates; scenario conditions; stress hormones; adaptation.

Углицких Ольга Сергеевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности, Пермский государственный национальный исследовательский университет (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: olga.uglitskih@gmail.com).

Кирьянов Дмитрий Александрович (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности, Пермский государственный национальный исследовательский университет, заведующий отделом математических моделирований, систем и процессов, ФБУН «Федеральный национальный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (614000, г. Пермь, ул. Монастырская, 82; e-mail: KDA@fcrisk.ru).

Устинова Ольга Юрьевна (Пермь, Россия) – д-р мед. наук, профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности, Пермский государственный национальный исследовательский университет (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15).

Uglitskikh Olga (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student of the Department of Human ecology and life safety, Perm State National Research University (614990, Perm, Bukirev st., 15, e-mail: olga.uglitskih@gmail.com).

Kiryanov Dmitriy (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Human ecology and life safety, Perm State National Research University, Head of the Department of Mathematical modeling, systems and processes, Federal Health Science Center of preventive risk management health (614000, Perm, Monastyrskaya st., 82, e-mail: KDA@fcrisk.ru).

Ustinova Olga (Perm, Russian Federation) – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Human ecology and life safety, Perm State National Research University (614990, Perm, Bukirev st., 15).