

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра зоологии

Выпускная квалификационная работа
ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ У РЕПТИЛИЙ

Работу выполнил:
студент 651 группы
направления подготовки
44.03.05 Педагогическое образование
Профиль - «Биология и химия»
Галиулин Данила Минуллович

(подпись)

«Допущен к защите ГЭК»

Зав. кафедрой зоологии

(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Научный руководитель:
кандидат биологических наук,
доцент кафедры зоологии
Четанов Николай Анатольевич

(подпись)

ПЕРМЬ
2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
1.1. Терморегуляционные стратегии у позвоночных организмов.....	5
1.2. Физиологические способы изменения температуры тела и теплообмена	8
1.3. Терморегуляционное поведение	11
1.4. Свет как экологический фактор	16
1.5. Влияние освещённости на поведение рептилий	20
1.6. Описание исследуемых видов.....	22
1.6.1 Обыкновенный уж <i>Natrix Natrix</i> (Linnaeus, 1758).....	22
1.6.2 Ящерица прыткая <i>Lacerta agilis</i> Linnaeus, 1758.....	24
1.6.3 Ящерица живородящая <i>Zootoca vivipara</i> Lichtenstein, 1823	25
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА	28
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	31
ГЛАВА 4. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ У РЕПТИЛИЙ КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	42
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Как и все эктотермные животные, рептилии крайне зависимы от температурного фактора среды. В принципе, любая форма их активности в той или иной мере направлена на достижение и поддержание оптимальной температуры тела, при которых наиболее оптимально протекают биохимические процессы. Мы считаем, что нахождение в природных условиях рептилий в том или ином месте с определенными микроклиматическими параметрами не случайно, а связано с направленным выбором комфортных условий. Комфортными температурными условиями для эктотермных животных можно считать те условия, при которых они наиболее быстро достигают своей оптимальной температуры тела.

В том случае, если температура эктотермного животного ниже оптимальной, оно может повысить ее за счет двух факторов – температуры окружающей среды и солнечной радиации. Из этого следует, что температура и освещенность являются двумя основными факторами, влияющими на терморегуляционное поведение у эктотермных животных.

Влияние температуры бесспорно и отмечается в работах многих исследователей, в то время как влияние освещенности изучено слабее.

Целью нашей работы является выяснение особенностей терморегуляционного поведения рептилий в условиях градиента освещённости.

Для достижения данной цели нами были поставлены следующие **задачи**:

- разработать установку, позволяющую создать градиент освещённости в среде с постоянным и равномерным температурным режимом;
- провести ряд экспериментов для трёх видов рептилий Камского Предуралья при различных температурных режимах;
- проанализировать поведенческие акты, продемонстрированные объектами;
- установить наличие связи между уровнем освещённости и

терморегуляционным поведением;

- разработать методические рекомендации, результатов данного исследования в рамках курса биологии в средней школе.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Терморегуляционные стратегии у позвоночных организмов

По механизмам гомеостатирования организмы-регуляторы разделены на пойкилотермные и гомойотермные. *Пойкилотермные организмы* (от греч. *poikilos* – изменчивый) не способны поддерживать температуру тела на постоянном уровне. *Гомойотермные организмы* (от греч. *homo* – подобный, одинаковый) способны поддерживать температуру тела на относительно постоянном уровне с суточными и сезонными колебаниями, не превышающими 2°C.

Эта классификация является современной трансформацией первой аналогичной классификации, предложенной более двух тысяч лет назад Аристотелем, разделившим животных на холодных (холоднокровных) и теплых (теплокровных). Поэтому нередко термины *пойкилотермный* и *холоднокровный* и соответственно *гомойотермный* и *теплокровный* используют как синонимы. Несмотря на широкое распространение принципа деления животных на пойкилотермные и гомойотермные организмы, эта классификация условна и дополняется еще понятием *гетеротермия*.

Под *гетеротермией* понимают тип регуляции температуры тела, когда суточные и сезонные ее колебания превышают границы, характерные для гомойотермных организмов.

К понятию гетеротермных относят в основном три случая неполного функционирования аппарата терморегуляции у гомойотермных организмов: период *раннего онтогенеза* у некоторых млекопитающих и птиц, *суточную динамику температуры* в связи с изменением активности у летучих мышей и некоторых птиц (колибри) и состояние *зимней спячки* в периоды перехода от сна к бодрствованию и наоборот. К гетеротермным животным следует также отнести вообще млекопитающих и птиц очень малого размера с их неустойчивой температурой тела.

Относительное несовершенство этого построения, несмотря на видимые удобство и простоту, привело к попыткам создать более совершенные классификации.

В одной из них, предложенной в 60-х годах Р.Б. Каулсом (Cowles, Dawson, 1951), в основу положены *источники поступления теплоты в организм*. Организмы, обладающие внутренним регулируемым теплообразованием за счет изменчивости их физиологических процессов, получили название *эндотермных организмов*. Другую группу в этой классификации составили организмы, температура тела которых определяется внешними источниками энергии, это *эктотермные организмы*.

Внешними источниками теплоты, поглощаемой эктотермами, могут быть температура среды (воздуха, воды, земли) или лучистая энергия Солнца. Естественно, что к эндотермным организмам относится подавляющее большинство гомойотермов, а к эктотермным – большинство пойкилотермных организмов. Но это совпадение не полное. Так, пойкилотермы – морские черепахи и крупные пелагические рыбы – за счет больших размеров тела и сравнительно высокой интенсивности метаболизма способны поддерживать температуру тела на 2-15 °С выше температуры воды, а, следовательно, должны быть отнесены к эндотермным организмам. Как ни удивительно, но эндотермия имеет место и у многих летающих насекомых (шмелей, ночных бабочек и др.), способных перед полетом разогревать свое тело внутренними источниками теплоты.

С другой стороны, зимнеспящие животные несомненно являются эндотермными животными, но для начала саморазогревания тела им требуется предварительное поступление теплоты извне.

Учитывая, что основным отличием гомойотермных (эндотермных) организмов от пойкилотермных (эктотермных) является существенно более высокий метаболизм (различия в 10-30 раз), было предложено разделить животных на *тахиметаболические* и *брадиметаболические организмы*. Однако и эта классификация имеет исключение. Встречаются

млекопитающие (типично тахиметаболические организмы) со сравнительно низким уровнем энергообмена (например, сумчатые). Это явление называют *гипометаболизмом*. По мнению А.Д. Слонима (1971), ни одна из предложенных классификаций не может охватить всю сложность явлений терморегуляции.

Терморегуляция – это способность животных организмов поддерживать температуру тела в определённых границах, даже если температура внешней среды сильно отличается. Этот процесс представляет собой один из аспектов гомеостаза – динамически изменяющегося состояния равновесия между внутренней средой организма животного и его внешним окружением. Если организм не может поддерживать температуру в нормальных для данного вида организмов границах, и температура повышается значительно выше верхней границы нормы, такое состояние называется гипертермией. Если же температура снижается значительно ниже нижней границы нормы, такое состояние называется гипотермией (Литвинов, 2015).

Можно выделить два основных типа терморегуляции: физиологическую и поведенческую.

1.2. Физиологические способы изменения температуры тела и теплообмена

При повышении температуры тела у некоторых млекопитающих и птиц происходит резкое внезапное учащение дыхания в целях терморегуляции – полипноэ. У дневных аридных пресмыкающихся тоже происходит учащение дыхания. Однако, это увеличение не резкое, а постепенное и не такое значительное. Такая «тепловая одышка» отмечена для многих видов – *Dipsosaurus dorsalis*, *Anolis carolinensis*, *Sceloporus occidentalis*, *Phrynosoma cornutum*, и др. При этом, чем более термофильно животное, тем при более высокой температуре наступает эта тепловая одышка. Однако, у таких видов, которые обитают в более мезофильных условиях (к примеру, ночные пустынные виды рептилий), значительного увеличения частоты дыхания не происходит. Это отмечено для *Eumeces obsoletus*, *Xantusia vigilis* и др. Тем не менее, такой авторитетный специалист, как К. Шмидт-Нильсен (1982) считает, что влияние этой реакции на интенсивность испарения у рептилий невысока и учащение дыхания в данном случае – относительно малоэффективный механизм охлаждения.

Описан механизм реакции сосудистой системы кожи в ответ на местный нагрев. Суть её заключается в том, что при нагревании сосуды кожи расширяются, увеличивается ток крови и, значит, отток тёплой крови внутрь организма, что увеличивает скорость нагревания. При охлаждении наоборот, сосуды кожи сжимаются, отток охлажденной крови замедляется и это уменьшает скорость остывания тела (Черлин, Чикин, 1991).

Один из путей охлаждения – транспирация (испарение) с покровов. Очевидно, «разрешающая способность» этого пути у рептилий невысока, но в отдельных случаях он может иметь определённое значение. Так ящерица *Sauromalus obesus*, помещённая в температуру среды 47°C, не менее чем в течение 3-х часов удерживала температуру тела 43°C за счёт транспирации через кожу.

Некоторые рептилии изменяют цвет тела в зависимости от температуры, что может иметь адаптивное значение. В период нагревания их окраска тёмная, а при повышении температуры она значительно светлеет, что увеличивает её отражательную способность. Такая реакция наблюдалась у степной агамы (Черлин, 2015).

Теплопродукция у рептилий играет несравненно меньшую роль в тепловом балансе тела, чем у эндотермных животных. Однако совсем забывать о ней нельзя. Если у мелких рептилий с большой площадью поверхности тела это эндогенное тепло очень быстро рассеивается, то у более крупных животных оно может иметь определённое значение. Наиболее ярко это было показано на крупных сухопутных черепахах и морских кожистых черепахах *Dermochelys coreasia*. Однако, их «эндотермия» коренным образом отличается от истинной эндотермии птиц и млекопитающих. Принципиальное различие заключается в том, что повышение температуры тела у них происходит, как показывают недавние исследования, только благодаря теплу работающих мышц (работа на морских черепахах) с одной стороны, и уменьшенной (благодаря крупным размерам) площади поверхности тела и хорошей теплоизоляции – с другой. Широко известное теперь увеличение температуры тела относительно температур среды у насиживающих самок крупных питонов также связано с периодической контрактурой туловищной мускулатуры (Орлов, 1986). Этот путь имеет небольшую «разрешающую способность» и может служить для «тонкой доводки» температуры тела. Превышение же температуры тела самок питонов относительно температур среды более, чем на 10°C осуществляется уже благодаря поведенческой регуляции. Как показали наблюдения, эти змеи могут использовать даже небольшие участки разогретой почвы для того, чтобы нагреть отдельные участки тела, которые они потом втягивают внутрь колец тела ближе к кладке и греют следующий участок. Таким способом, используя экзогенные источники тепла, они могут значительно повышать температуру своего тела. Интересно, что контрактура

мышц, которая способна повысить температуру тела, отмечена не только у насиживающих питонов, но и у многих змей, например, после еды, когда необходимо удерживать температуру тела на достаточно высоком и постоянном уровне (Черлин, 1989).

Кроме того, известно некоторое повышение температуры тела ящериц (*Sceloporus occidentalis*) без всякой мышечной работы только при воздействии социальных контактов между самцами. Температура тела при этом может повышаться на 0.25-3.0° (в среднем на 1.3°). Отмечено также повышение температуры тела ящериц при патологических реакциях и при введении ряда бактериальных препаратов. Однако, оба эти последних случая не могут являться механизмами направленного изменения теплообмена (Черлин, 2015).

1.3. Терморегуляционное поведение

Различные формы терморегуляционного поведения направлены на регуляцию теплообмена тела со средой. При определённых требованиях к диапазону необходимых в данное время температур тела, проявление различных форм терморегуляционного поведения у рептилий зависит только от тепловых условий среды и температуры тела в данный момент, они являются безусловнорефлекторным ответом на условия среды. Набор форм терморегуляционного поведения видоспецифичен и различается у разных видов рептилий.

С целью терморегуляции рептилии могут применять определённый и достаточно ограниченный набор поведенческих актов, который, однако, обеспечивает широкие возможности при регуляции теплообмена. Для рептилий не существует способов (кроме тепловой одышки и полипноэ, которые для них тоже достаточно малоэффективны), которые позволили бы им существенно изменить температуру тела относительно температуры воздуха, не используя другие тепловые факторы среды. Поэтому мы рассмотрим способы терморегуляции рептилий относительно тех основных тепловых факторов среды, которыми они могут эффективно пользоваться или от которых сильно зависят (табл. 1) (Черлин, 2014).

Таблица 1.

Набор элементарных терморегуляционных поведенческих актов

Подвижность	П-1). «Балансирование» между участками с контрастными климатическими условиями
Специальные формы передвижения	П-2). Прижимание к прохладным участкам почвы при движении
	П-3). «Ход винтом» у змеи по горячей почве
	П-4). «Боковой ход» у змей по горячей почве
	П-5). Бег ящериц с приподнятым над почвой телом
Специфические формы двигательной активности	П-6). Уход в тень, полутень, в норы
	П-7). Уход на ветки
	П-8). Закапывание в прохладный песок
	П-9). Разгребание верхнего нагретого слоя песка
Позы	П-10). Тело параллельно солнечным лучам
	П-11). Тело перпендикулярно солнечным лучам
	П-12). Тело приподнято над субстратом
	П-13). Тело прижато к субстрату
	П-14). Тело свёрнуто в клубок
	П-15). Тело развёрнуто
Форма тела	П-16). Расплющивание тела в dorзо-вентральном направлении

Примечания:

П-1). Для регулирования температуры тела очень часто рептилии пользуются тем, что одни участки окружающей среды оказываются более, а другие менее нагретыми, чем необходимый диапазон температур тела. При этом могут использоваться различные тактики. Некоторые из рептилий, например, сетчатая ящурка, используют пограничную зону между освещенными солнцем участками и тенью, другие – выходы из нор (песчаная эфа), т.к. днем в норе значительно прохладнее, чем на поверхности. Если активность протекает ночью в сравнительно прохладных климатических условиях, то норы могут быть использованы как «грелки», куда рептилии, например, сцинковые гекконы, уходят на некоторое время погреться, после чего опять появляются на поверхности.

П-2). Некоторые рептилии при движении по горячему субстрату, как только попадают на более прохладный участок, сразу прижимаются к нему брюхом и отдают часть тепла.

П-3). Некоторые змеи обладают специальными способами передвижения по горячей почве. Так, стрела-змея (*Psammophis lineolatus*) при движении по горячей поверхности становится похожа на большую пружину, которая в каждый момент времени касается почвы только 2-3 точками и причем всё время разными.

П-4). Некоторые авторы считают, что «боковой ход» таких змей как эфы, а также *Cerastes cerastes* или *Crotalus cerastes* является адаптацией к движению по открытой нагретой поверхности для уменьшения контакта с ней.

П-5). Ряд аридных ящериц, которые в нормальных условиях при движении по почве достаточно плотно прикасаются брюхом к земле, попадая на горячий участок, пробегают значительные расстояния, высоко поднимая туловище на лапах (например, сетчатые ящурки).

П-6). Некоторые ящерицы уходят в тень или полутень (сетчатая ящурка). Таким же образом могут быть использованы норы, что описано, например, для песчаной эфы.

П-7). Некоторые пресмыкающиеся, как например степная агама, полосатая ящурка, стрела-змея и др. залезают на ветки, чтобы отделиться от горячей почвы.

П-8). Ряд пресмыкающихся могут закапываться в верхние слои песка, которые нагреваются меньше, чем поверхность. Такая реакция отмечена для ушастых и песчаных круглоголовок, для *Uma* и *Phrynosoma*. Такое же поведение описано и для змей, например, *Crotalus cerastes*.

П-9). Некоторые виды пустынных ящериц, такие как пустынная игуана, пробегают по горячему песку, ложатся на песок и, зигзагообразно изгибая тело, разгребают верхний горячий слой почвы, соприкасаясь с более прохладными глубинными слоями. Это же мы отмечали в неволе у сетчатых, линейчатых и других видов ящурок.

П-10). Чтобы инсоляция не нагревала тело рептилий до опасных пределов, некоторые ящерицы в самое жаркое время ориентируются вдоль оси солнечных лучей головой к солнцу. При этом передняя часть головы и плечи затеняют всё остальное тело. Такое поведение описано для галапагосской игуаны, других видов ящериц, такое же поведение мы наблюдали у ушастых круглоголовок в Каракумах.

П-11). Многие ящерицы и змеи используют ориентацию тела перпендикулярно солнечным лучам для наиболее интенсивного использования тепловой радиации. Такие реакции описаны, например, для галапагосской игуаны.

П-12). Ряд видов ящериц при нахождении на горячем субстрате высоко поднимаются на лапах, снижая его влияние на температуру тела. Это отмечено для многих gekkonov на песке и на стволах деревьев, для *Phrynosoma m'calli*, *Amblyrhinchus cristatus*, ушастых и песчаных круглоголовок, *Amphibolurus* и для целого ряда других видов.

П-13). Если в биотопе имеются горячие участки почвы – освещённые склоны, нагретые камни и т.п., рептилии плотно прижимаются к ним и довольно быстро нагреваются за счёт теплопроводности. Греющихся таким образом ящериц, например, можно наблюдать утром в пустыне. Они располагаются на освещенных склонах барханов и прижимаются брюхом к нагретому песку. Это же отмечено у галапагосских игуан *Amblyrhynchus cristatus*, которые утром плотно прижимаются к нагретым камням.

П-14). Если тело змеи свёрнуто в клубок, поверхность его сильно уменьшается. Соответственно этому заметно снижается радиационная отдача тепла и поверхностное испарение. Таким образом, эта поза может эффективно служить сохранению тепла и замедлению скорости остывания.

П-15). При необходимости увеличить теплоотдачу или, возможно, быстрее нагреться, змеи разворачивают тело, увеличивая таким образом площадь его поверхности.

П-16). Многие змеи, вылезая на поверхность из нор при достаточно низких температурах среды, часто залезают на ветки или просто на земле очень сильно «расплющивают» тело в дорзо-вентральном направлении и ориентируют его плоскость перпендикулярно солнечным лучам. Это значительно увеличивает скорость нагревания при наиболее эффективном использовании инсоляции (ситуация, описанная для степной гадюки *Vipera ursini* и Палласова щитомордника *Agkistrodon halys*). Такие же реакции отмечены нами у многих других змей – обыкновенной гадюки, гюрзы и др.

1.4. Свет как экологический фактор

Свет как экологический фактор имеет важнейшее значение уже потому, что является источником энергии для процессов фотосинтеза, т. е. участвует в образовании органических веществ из неорганических составляющих. Он играет большую и разнообразную роль в различных жизненных процессах у животных, что определяется его физическими свойствами.

Строго говоря, в экологии термином «свет» обозначается весь диапазон солнечного излучения, представляющий собой поток энергии в пределах длин волн от 0,05 до 3000 нм и более. Этот поток радиации распадается на несколько областей, отличающихся физическими свойствами и экологическим значением для живых организмов. Границы этих областей не четки; в общем виде их можно представить следующим образом:

- < 150 нм – зона ионизирующей радиации;
- 150-400 нм – ультрафиолетовая радиация (УФ);
- 400-800 нм – видимый свет (границы отличаются для разных организмов);
- 800-1000 нм – инфракрасная радиация (ИК).

За пределами зоны ИК-радиации располагается область так называемой дальней инфракрасной радиации – мощного фактора теплового режима среды. ИК-радиация в основном несет тепловую энергию (Шилов, 1998).

Биологическое значение различных участков спектра солнечного света

Не вся солнечная радиация достигает поверхности Земли. За пределами атмосферы перпендикулярная к солнечным лучам поверхность получает энергию порядка $2,00 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ ($1,39 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с}$). Эту величину называют солнечной постоянной; она может варьировать по сезонам года в соответствии с изменением удаления Земли от Солнца (Воробьева, 2011).

Часть солнечной радиации, при прохождении через атмосферу, рассеивается молекулами газов и водяными парами, часть отражается от облаков. Этот процесс связан и с изменением качественного состава

радиации. Например, наиболее коротковолновая часть спектра отражается озоновым экраном.

Ионизирующее излучение включает космические лучи, а также естественную и искусственную радиоактивность. Эта форма воздействия на организмы на поверхности Земли связана с естественным радиоактивным фоном, а в настоящее время – и с факторами техногенного происхождения.

Биологическое действие радиации осуществляется, в основном, на доклеточном уровне (ядра, митохондрии, микросомы). Установлено, что это действие зависит от дозы облучения: при малых дозировках повреждающий эффект может сменяться стимулирующим. Известно влияние ионизирующей радиации на генетический аппарат (мутагенный эффект). Экологический аспект действия этой части спектра остается практически не изученным.

Ультрафиолетовые лучи. Наиболее коротковолновая (200-280 нм) зона этой части спектра («ультрафиолет С») активно поглощается кожей; по опасности УФ-С близок к рентгеновским лучам, но практически полностью поглощается озоновым экраном. Следующая зона – УФ-Д с длиной волны 280-320 нм – наиболее опасная часть спектра УФ, обладающая канцерогенным действием. Механизм этого действия неизвестен; предполагают влияние через нарушение молекулы ДНК. Кроме того, эти лучи инактивируют в коже клетки Лангерганса, отвечающие за ее иммунитет, а также активируют некоторые микроорганизмы. Последнее свойственно только этой части спектра УФ; в других длинах волн УФ губителен для микробов. Большая часть зоны УФ-Д также поглощается озоновым экраном; до поверхности Земли доходят лишь УФ-лучи с длиной волны примерно от 300 нм. Эта часть спектра обладает большой энергией и оказывает на живые организмы главным образом химическое действие. В частности, УФ-лучи стимулируют процессы клеточного синтеза. Показано, что облучение ультрафиолетом повышает продуктивность молодняка сельскохозяйственных животных.

Под действием этих лучей в организме синтезируется витамин D, регулирующий обмен Са и Р, а соответственно нормальный рост и развитие скелета. Особенно велико значение этого витамина для растущего молодняка. Поэтому многие млекопитающие, выводящие детенышей в норах, регулярно (чаще – по утрам) выносят их на освещенные солнцем места вблизи норы. Так поступают, например, лисицы и барсуки. «Солнечное купанье» свойственно и многим птицам; основная роль этой формы поведения - нормализация обмена, синтез витамина D и регуляция продукции меланина. У водоплавающих птиц витамин D синтезируется на основе жирного секрета копчиковых желез, которым они смазывают свое оперение; соскабливая затем при чистке пера слой жира, птицы заглатывают его и таким образом обеспечивают себя витамином.

Действие УФ зависит от дозы: слишком сильное облучение вредно для организма. Особенно неустойчивы к коротковолновой радиации активно делящиеся клетки. Как приспособление к экранированию организма от передозировки УФ у многих видов формируются темные пигменты, поглощающие эти лучи. У лягушек и некоторых других амфибий откладываемые на поверхности воды икринки имеют пигментированный анимальный полюс. То же свойственно ряду видов рыб. У многих рептилий и грызунов, обитающих в условиях высокой инсоляции, пигментирована брыжейка, причем на тем большей поверхности, чем выше уровень облучения в свойственных виду местах обитания. В первую очередь таким путем экранируются гонады; у пустынных грызунов отмечена пигментация мошонки. У сусликов обнаружены пигментированные мозговые оболочки.

Определенное значение УФ-радиация имеет и в гидросфере, проникая на глубину до 65 м. Показано, например, что в Антарктике обитающие на льду водоросли летом встречаются в нижней части ледового слоя, а фитопланктон – под слоем льда в затененных участках. Это связывают с разрушением хлорофилла «а» и «с» действием УФ-лучей. Нарушение

фотосинтеза снижает потребление CO_2 , что сказывается на балансе углерода между океаном и атмосферой.

Ультрафиолетовая радиация составляет около 5-10% суммарной радиации, достигающей поверхности Земли.

Видимый свет. Эта часть спектра составляет порядка 40-50% солнечной энергии, достигающей Земли. Для животных видимая часть спектра связана прежде всего с ориентированием в окружающей среде. Зрительная ориентация свойственна большинству дневных животных и используется как источник сложной информации о внешних условиях. Эффективность восприятия зрительных сигналов очень различна: от простых светочувствительных клеток, в которых световые воздействия на зрительные пигменты фотохимически трансформируются в нервный импульс, до сложно устроенных глаз, способных к восприятию объемных образов в цветовом варианте. У ряда птиц зрительное восприятие распространяется на часть ультрафиолетовой зоны спектра; это доказано более, чем для 30 видов. Многие животные воспринимают как видимый свет ближнюю область ИК-излучения.

Впрочем, и многие ночные виды ориентируются с участием органов зрения, поскольку абсолютная темнота в сфере обитания животных встречается редко. Ослабление интенсивности света вызывает адаптивные перестройки органов зрения (совы, козодои, некоторые ночные млекопитающие).

1.5. Влияние освещённости на поведение рептилий

Поиск комфортных температурных условий является одной из характерных форм поведения, связанных с регулированием энергетического баланса (Хаскин, 1975).

Комфортными температурными условиями для эктотермных животных можно считать те условия, при которых они наиболее быстро достигают своей оптимальной температуры тела. В том случае, если температура эктотермного животного ниже оптимальной, оно может повысить ее за счет двух факторов – температуры окружающей среды и солнечной радиации. Из этого следует, что температура и освещенность являются двумя основными факторами, влияющими на терморегуляционное поведение у эктотермных животных. Влияние температуры бесспорно и отмечается в работах многих исследователей (Черномордилов, 1943; Черлин, 1983; Черлин, Чикин, 1991), в то время как влияние освещенности изучено слабее. На утреннее обогревание прыткой ящерицы «в лучах солнца» и последующее повышение ее температуры тела указывает М.Ф. Тертышников (1976).

Известно, что активность рептилий регулируется как температурным, так и световым режимами, что было показано на среднеазиатских эфах. У других рептилий также ключевую роль в физиологических процессах, таких, как накопление жира, играет температура тела. Соответственно, многие рептилии в солнечную погоду греются, поглощая инфракрасные лучи, посредством движений, направленных на максимальное получение тепла и изменения окраски, но при этом индикатором для выхода их из убежища служит повышение освещенности. С изменением климатических условий, в частности освещенности, закономерно изменяется и допустимое время активности рептилий данного вида, и к этому режиму подстраивается эндогенная ритмика.

У живородящих ящериц отмечена смена субстрата, на котором они разогреваются, в зависимости от солнечной погоды или переменной

облачности (Hailey, 1982). Есть сведения об участии пинеального комплекса в терморегуляторном поведении ящериц (Тлепбергенова, Исабекова, 1986).

Исследования Н.А. Четанова (2009) показали, что первоначальным стимулом для терморегуляционного поведения у прытких ящериц (*Lacerta agilis*) и живородящих ящериц (*Zootoca vivipara*) является освещенность. В опыте с двумя камерами, соединенными коридором, большинство ящериц (8 из 12 особей) направлялись вначале в освещенную камеру, и только через 2–8 мин. переходили по коридору в темную утепленную камеру.

В похожих исследованиях, проводимых на ужах и дополненных использованием фотобарабана (Желанкин, 2013) в большинстве опытов отмечался «положительный фототаксис» при разных уровнях освещённости и температурных режимах.

1.6. Описание исследуемых видов

1.6.1 Обыкновенный уж *Natrix Natrix* (Linnaeus, 1758)

Обыкновенный уж встречается в достаточно влажных местах (в прибрежных тростниках, на пойменных лугах, на болотах и в сырых оврагах у родников). Он хорошо плавает и ныряет. В горы поднимается на высоту до 2300 м над уровнем моря. Обычен около человеческого жилья: в сараях и кучах мусора, щелях деревянных построек, стогах сена, в подвалах и под крыльцами дачных домов. Иногда попадает также в садах и огородах, лесопарковой зоне крупных городов. Уж активен в дневное время суток. Ночью прячется под камнями, корнями деревьев, в норах грызунов. Питается земноводными, ящерицами, птенцами птиц, грызунами и рыбами, заглатывая их живьем. Он способен обходиться без пищи до 420 дней. В стрессовом состоянии отрывает проглоченную добычу.

Период активности длится с середины марта по октябрь-ноябрь. Зимуют ужи под корнями, в трещинах береговых обрывов, норах грызунов.

Спаривание происходит в апреле-мае. В этот период ужи образуют скопления, состоящие из одной самки и около 20 самцов. Самки откладывают от 4 до 50 (редко до 105) яиц в июле-августе. Иногда встречаются так называемые коллективные кладки, в которых может быть до 3000 яиц. Половозрелость наступает на 3-4-м году жизни (Бакиев, Гаранин, 2004).

От врагов спасается бегством или принимает оборонительную позу: складывает тело зигзагом, шипя и ритмично подергивая кончиком хвоста (имитируя защитное поведение гадюки). Схваченный хищником, выделяет жидкость из клоакальных желез, обладающую отталкивающим запахом. Самой оригинальной защитной реакцией является «мнимая смерть»: змея переворачивается на спину и не реагирует на прикосновения.

Тело обыкновенного ужа массивное, до 2,05 м (обычно менее 1 м) в длину. Хвост, как правило, не превышает 40 см. Шейный перехват хорошо заметен. Зрачок округлый.

Сверху этот вид окрашен в серовато-оливковые или буровато-черные оттенки. Иногда на спине заметны черные пятна или поперечные полосы. В затылочной области по бокам головы расположена пара белых или желтоватых шейных пятен обычно в черном обрамлении. Щитковый подвид отличается ярко-оранжевыми височными пятнами без черного обрамления и очень темной окраской спины, а персидский – двумя светлыми линиями вдоль спины. В районе рек Сумбар и Рубас (Дагестан) внешние признаки этих двух подвидов перекрываются. Нередко светлые края отдельных спинных чешуи формируют достаточно пестрый сетчатый рисунок. Брюхо белое или серое с черными пятнами. Верхнегубные щитки с черной полоской по переднему краю. Радужная оболочка глаза желтая. Встречаются и черные особи (меланисты) (Чугуевская, 2005).

Обыкновенный уж встречается почти по всей Европе. На восток его ареал достигает Северо-Восточной Монголии. Различают до 15 подвидов. В России большую часть страны занимает номинативный подвид. От Заволжья, Предкавказья и Черноморского побережья до Южного Казахстана, на Урале, в Сибири и Бурятии обитает щитковый уж. Персидский уж распространен на Балканах, в Малой Азии, Восточном Предкавказье (Южный Дагестан, возможно, и Южная Калмыкия), Восточном и Южном Закавказье, Иране и Юго-Западной Туркмении. Единичные находки этого подвида обнаружены в Крыму (Табачишин, 2002).

Температура поверхности субстрата в период максимальной активности змей колеблется в весеннее время от 12.4 до 26.1°C и в летний период – от 16.6 до 28.4°C, при этом ректальная температура тела у 28 рептилий, измеренная с 9.00 до 19.00 ч в разных местообитаниях, составила 14.8 – 32.8°C и 24.8 – 34.3°C соответственно

Также, известна точка «абсолютного оптимума» (пересечение кривых температуры тела и температуры окружающей среды) в Среднем Поволжье равны для обыкновенного ужа +27.0°C, при этом диапазон оптимальных температур субстрата определен как 18-26 (Литвинов, 2008).

1.6.2 Ящерица прыткая *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758

В настоящее время разные авторы; указывают разное число существующих подвигов, но чаще всего встречается деление на 9 подвигов (*L. a. agilis*, *L. a. boemica*, *L. a. bosnica*, *L. a. brevicaudata*, *L. a. chersonensis*, *L. a. grusinica*, *L. a. euxinica*, *L. a. exigua*, *L. a. ioriensis*) (Калябина-Хауф, Ананьева, 2004).

Широко распространена на большей части Европы от западной Франции и севера Балканского полуострова до Восточной Сибири, северо-западной Монголии и западного Китая на востоке. На территории бывшего СССР встречается от западных границ Молдавии, Украины, Белорусии, Прибалтики и России на западе до северного Прибайкалья и южного Забайкалья на востоке, Кавказа, Казахстана и гор восточной части Средней Азии на юге.

Населяет преимущественно сухие, хорошо прогреваемые солнцем биотопы, встречаясь в степях, долинах рек, на склонах оврагов и балок, по обочинам дорог, на полевых межах, лесных полянах и опушках, в садах, разреженных сосновых и лиственных лесах и арчевниках, по окраинам кустарниковых зарослей в осиново-березовых колках.

В конце мая–начале июня самка прыткой ящерицы откладывает от 6 до 16 яиц в специально вырытую неглубокую ямку в собственной норе или в другом подходящем месте с мягким влажным грунтом и хорошей освещенностью.

Прыткая ящерица питается преимущественно насекомыми, активно разыскивая или подкарауливая свою добычу (Ананьева, Боркин, Даревский, Орлов, 1998).

При температуре среды и тела ниже $+4 - +10^{\circ}\text{C}$ ящерицы малоподвижны и находятся обычно в укрытиях. Осенью, по мере дальнейшего охлаждения почвы и воздуха, животные теряют способность передвигаться и впадают в оцепенение при температуре $+7,5^{\circ}\text{C}$, проводя зиму в норах, под корнями деревьев и кустарников, а иногда зарываясь в мох, опавшие листья и хвою. В прохладные, но ясные дни они обогрываются в лучах солнца и используют тепло нагретого грунта, прижимаясь к нему телом, благодаря чему даже при низкой температуре воздуха температура их тела может быть высокой. Поднимается она и после быстрой пробежки. Прыткая ящерица активна при температуре воздуха от 10 до $32,5^{\circ}\text{C}$, имея при этом температуру тела от 14 до 39°C . Наибольшая активность отмечается при температуре тела $29,8^{\circ}$, почвы – 29°C и воздуха $+26,5...+28,2^{\circ}\text{C}$. При снижении температуры ниже 10°C прыткие ящерицы впадают в оцепенение (Орлова, Семёнов, 1999).

Для Камского Предуралья отмечается средняя температура тела $29,5 \pm 0,56^{\circ}\text{C}$, при температурах субстрата $26,2 \pm 0,77^{\circ}\text{C}$ и воздуха $24,9 \pm 1,01^{\circ}\text{C}$ (Литвинов, Ганщук, 2008).

1.6.3 Ящерица живородящая *Zootoca vivipara* Lichtenstein, 1823

Небольшая ящерица длиной тела 15 – 18 см из которых свыше половины занимает хвост. Голова не приплюснута. Молодые черные, темно-коричневые, коричнево-бронзовые или грязно-желтые, почти без рисунка. По мере их роста окраска светлеет и на основном фоне появляется характерный для взрослых ящериц рисунок. В целом характер окраски и рисунка верхней стороны тела во многом определяется типом населяемого ящурками субстрата.

Очень широко распространена в северной половине Евразии от Ирландии и Пиренейского полуострова на западе до Шантарских островов, Сахалина и северной Японии на востоке. В России северная граница ареала от побережья Кольского полуострова на северо-западе продолжается за Полярным кругом до нижнего течения Енисея, далее к востоку пересекает

долины Лены и ее притоков Вилюя и Алдана и на Дальнем Востоке выходит к морю несколько южнее долины реки Уды. Южная граница ареала от Закарпатья продолжается к востоку между лесостепью и степью, где на Украине наиболее южные, видимо изолированные местонахождения известны в Новомосковском районе Днепропетровской области. Повсеместно встречается на Сахалине.

Обычные места обитания для живородящей ящерицы – опушки, зарастающие вырубki и гари в лиственных, хвойных и смешанных лесах, кустарниковые заросли по берегам водоемов. Они часто встречаются на пойменных влажных лугах, граничащих с лесом или имеющих участки с кустарниками, молодыми ольшаниками. Только живородящую ящерицу можно увидеть на верховых болотах. На севере Сибири она кое-где заходит в тундру; там, как и повсюду в болотистых местностях, она нередко селится на кочках, окруженной водой. Живет ящерица и вблизи населенных пунктов, где есть влажные участки, и соседствует с человеком, греясь на бревнах возле домов или на деревянных ступеньках.

Питается живородящая ящерица различными насекомыми, пауками, моллюсками, червями, добывая их на земле, пнях и стволах деревьев. Однако состав пищи может быть различным, что определяется рядом причин, в том числе обилием и числом видов беспозвоночных в местах обитания ящериц. Скорость добывания, поедания и переваривания пищи растет при повышении температуры воздуха от +20 до +30°C (Ананьева, Боркин, Даревский, Орлов, 1998).

Беременность длится 70 – 90 суток и молодь обычно появляется с начала июля. По наблюдениям в террариуме, перед рождением детенышей самка становится беспокойной, переворачивается на спину, высоко поднимает хвост, замирает на некоторое время или снует по субстрату. После того, как эта самка отложила десять яиц, три новорожденные ящерицы освободились от яйцевых оболочек первые 15 минут, две – через час и последние пять – через два часа. В природе этот процесс заканчивается в течении 15-30 минут.

Живородящая ящерица отличается высокой требовательностью к влажности, а также способностью переносить низкие температуры. По-видимому, эти особенности позволили ей расселиться за Полярный круг. Весной она появляется из зимовочных убежищ, когда в лесу еще местами лежит снег, при температуре от $+4^{\circ}\text{C}$. В среднем дневная температура в этот период составляет около $+10^{\circ}\text{C}$.

В первые дни после пробуждения ящерицы подолгу греются на солнце, используя для этого места с особым микроклиматом – теплые пни, ямки в грунте, доски и т.п., где температура субстрата выше $+10^{\circ}\text{C}$. Активно перемещаться по участку начинают при температуре воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$.

В средних широтах они появляются в конце марта – начале апреля, а уходят на зимовку в конце сентября – ноябре, причем молодые сохраняют активность дольше взрослых. Сначала из зимовки выходят самцы, самки – позднее. Зимуют в различных непромерзающих убежищах, однако в критических ситуациях способны переносить температуру до $-2,5^{\circ}\text{C}$. Ящерицы прекращают свою активность при понижении температуры воздуха до $+10^{\circ}\text{C}$.

В отличие от ряда других наших ящериц она нередко бывает активна в прохладные, пасмурные дни и не скрывается в убежище даже во время кратковременных летних дождей. Температура тела подавляющего большинства активных ящериц весной составляет $+28 - +33^{\circ}\text{C}$, что значительно превышает температуру окружающей среды. Летом у беременных самок температура тела ниже, чем у небеременных и у самцов (Орлова, Семёнов, 1999).

Средняя температура тела на выборке из Камского Предуралья отмечалась на уровне $27,6 \pm 0,43^{\circ}\text{C}$, при температуре субстрата – $23,2 \pm 0,47^{\circ}\text{C}$ и воздуха $22,9 \pm 0,58^{\circ}\text{C}$. При этом относительная влажность воздуха составляла $55,0 \pm 3,11\%$ (Литвинов, 2006).

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для достижения цели нами был разработан и в дальнейшем модернизирован экспериментальный прибор оригинальной конструкции (рисунки 1 и 2).

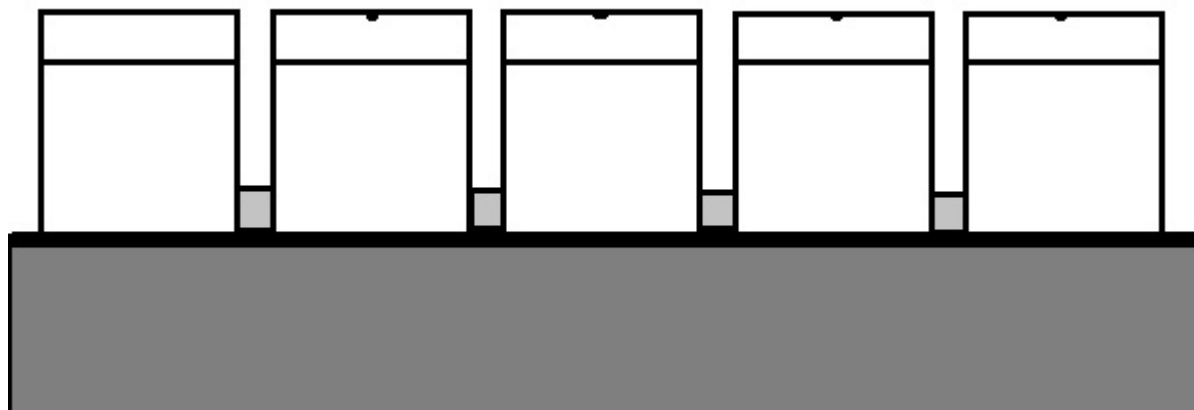


Рис. 1. Экспериментальная установка, вид сбоку

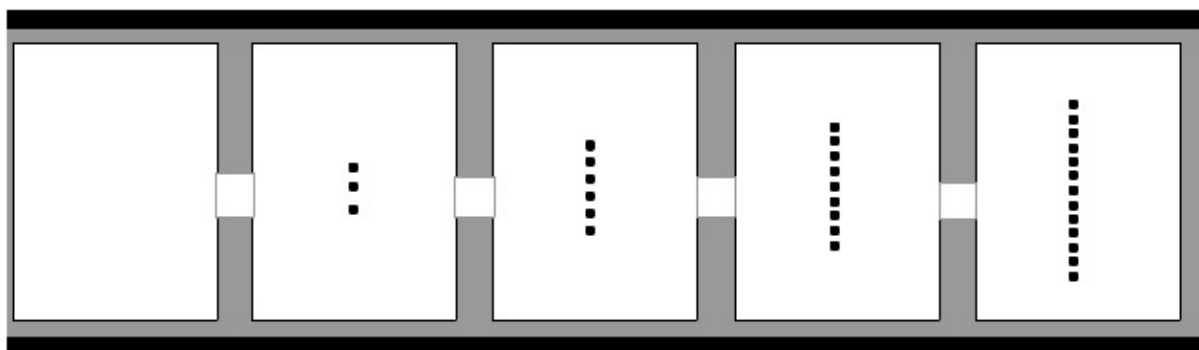


Рис. 2. Экспериментальная установка, вид сверху

Прибор состоит из 5 камер, соединенных короткими переходами. Все камеры располагаются на общем нагревательном элементе, что позволяет поддерживать в них одинаковую температуру. Ящерицы имеют тенденцию забиваться в углы, поэтому пришлось скруглить углы внутри прямоугольных камер. Для того, чтобы была возможность осуществлять контроль за температурой в камерах, нагревательный элемент был оборудован термодатчиком, контролирующим нагрев в заданном диапазоне температур: от 20 до 55°C.

Выбор в способе освещения пал на светодиодную ленту. Она проста в установке и настройке, даёт холодный белый свет, но при этом практически не излучает ИК и УФ лучи.

Был создан градиент освещённости путём установки разного количества светодиодов в камеры: 0-3-9-15-21. Уровень освещённости в каждой из камер отражен в таблице 2:

Таблица 2.

Уровень освещённости в камерах экспериментальной установки

Номер камеры	Количество светодиодов, шт.	Уровень освещённости, лк
1	0	0
2	3	150
3	9	450
4	15	750
5	21	1050

Также, для осуществления возможности наблюдения за двигательной активностью внутри установки напротив места посадки объекта, внутри были установлены веб-камеры, подключенные к ноутбуку. Специальное программное обеспечение позволяет фиксировать изображение с камер при наличии движения.

Возможно множество сценариев для использования разработанного прибора, но наиболее рентабельными мы считаем следующие:

Первый сценарий. Во время эксперимента предварительно охлаждённый объект помещался в камеру с уровнем освещенности 0. Температура устанавливалась на уровне, близкой к оптимальной для

экспериментального объекта. Была выдвинута гипотеза, что объект, чтобы достичь оптимальной температуры тела начнёт движение в сторону более освещённых камер, несмотря на одинаковую температуру в камерах.

Второй сценарий. Объект помещается в освещенную камеру при температурах субстрата выше оптимальных – 45-50 С. Гипотеза – объект постарается покинуть освещенные камеры.

Третий сценарий. Конструкция прибора сокращается до двух камер: с уровнями освещённости 0 и 4. После этого он помещается в климатическую камеру. Исследования проводятся при температурах сильно ниже оптимальных: 5, 10, 15 С.

Основными опытными объектами выступали следующие виды: обыкновенный уж (28 экспериментов), прыткая ящерица (40 экспериментов) и живородящая ящерица (14) экспериментов.

Результаты этих опытов разделены на две группы: с положительным и отрицательным откликом. Под откликом понимается явное проявление поведенческой реакции; положительным является продвижение объекта в зону с большей освещенностью для повышения нагревания, отрицательным, в свою очередь, перемещение объекта в область с более низким уровнем освещённости для того, чтобы это нагревание прекратить.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На данный момент проведены первые серии опытов для двух сценариев описанных выше. Для первого сценария, направленного на выявление положительного отклика было проведено 39 экспериментов, при этом проявление реакции имело место только в 8 из них, что составило лишь 20,51% от всей выборки. Для второго сценария, посвящённого выявлению отрицательного отклика, мы провели 43 экспериментов, проявление реакции наблюдалось в 29 из них, что составило 67,44%.

Более подробные результаты этих опытов продемонстрированы в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

Результаты экспериментальной работы по положительному отклику

Вид	Количество измерений	Процент от выборки	Пол	Количество экспериментов	Проявление отклика	Проявление отклика, %	Общее
<i>N. natrix</i>	15	38,46%	Самка	0	0	-	46,67%
			Самец	11	5	45,45%	
			Непол.	4	2	50,00%	
<i>L. agilis.</i>	19	48,72%	Самка	16	1	6,25%	5,26%
			Самец	3	0	0,00%	
			Непол.	0	0	-	
<i>Z. vivipara.</i>	5	12,82%	Самка	0	0	-	0,00%
			Самец	4	0	0,00%	
			Непол.	1	0	0,00%	
Итого	39	100,00%		39	8	20,51%	

Всего по положительному отклику было проведено 39 экспериментов. Выборка поделена по видовому и половому признакам. Для обыкновенного

ужа количество измерений составило 15, для прыткой ящерицы 19, для живородящей ящерицы 5.

Можно наблюдать, что живородящая ящерица вообще не показала положительного отклика, поэтому данные измерения далее учитываться не будут. Тем более что количество измерений по данному виду ничтожно мало.

Процент проявления отклика у прыткой ящерицы также крайне низок: для самок он составил 6,25%, а для самцов 0%.

На наш взгляд, подобное расхождение с литературными данными (Четанов, 2009) свидетельствует о том, что в описанных экспериментах были допущены методические неточности, и, соответственно, приводимые автором данные не могут считаться валидными. В целом, у ящериц, по всей видимости, положительная реакция на свет как фактор, стимулирующий терморегуляционное поведение, отсутствует. Немногочисленные положительные результаты можно считать случайными и не имеющими какой-либо значимости.

Стоит отметить, что частота проявления отклика у обыкновенного ужа значительно выше, чем у прыткой ящерицы, хоть и является довольно низкой – 46,67%. При этом у неполовозрелых особей отклик проявлялся в 50% случаев, а для самцов 45,45%. Небольшая разница в результатах и отсутствие данных по самкам не позволяют установить половые отличия внутри вида.

Здесь так же заметно пусть небольшое, но всё-таки расхождение с исследованиями других авторов (Желанкин, 2013). Скорее всего, это так же вызвано недостатками методики проводимых исследований, которые в совокупности с малым количеством повторений (всего 4 эксперимента) снижают значимость вышеуказанных изысканий. Исходя из полученных данных, мы предполагаем, что большая частота проявления положительного отклика у обыкновенного ужа может быть вызвана несколькими причинами. Во-первых, есть вероятность, что объект сразу после посадки в установку, следуя инстинкту самосохранения, «убегает» от человека, проводящего эксперимент. Во-вторых, вероятно змеи более склонны к исследованию

территории при попадании в незнакомую обстановку. Таким образом, нельзя однозначно утверждать о взаимосвязи положительного отклика на градиент освещённости и поведенческой терморегуляции.

При попытке проведения статистических сравнений как внутривидовых (по полу), так и межвидовых достоверные различия обнаружены не были.

Наиболее вероятными причинами отсутствия отклика, помимо вышеописанных, можно назвать следующие:

во-первых, это может быть связано с низким градиентом освещённости между камерами (шаг составляет всего ~300 лк) или наоборот: освещенность достаточно высокая и продвижения на одну камеру для объекта уже достаточно

во-вторых, для экспериментов использовались особи, длительное время содержавшиеся в неволе.

в-третьих, помещение в необычную обстановку может привести к изменению типичного поведения.

Таблица 4.

Результаты экспериментальной работы по отрицательному отклику

Вид	Количество измерений	Процент от выборки	Пол	Отрицательный отклик			
				Количество экспериментов	Проявление отклика	Проявление отклика, %	Общее
<i>N. natrix</i>	13	30,23%	Самка	0	0	-	76,92%
			Самец	11	9	81,82%	
			Непол.	2	1	50,00%	
<i>L. agilis.</i>	21	48,84%	Самка	12	10	83,33%	71,43%
			Самец	9	5	55,56%	
			Непол.	0	0	-	
<i>Z. vivipara.</i>	9	20,93%	Самка	0	0	-	44,44%
			Самец	8	3	37,50%	
			Непол.	1	1	100,00%	
Итого	43	100,00%		43	29	67,44%	

По отрицательному отклику было проведено 43 эксперимента. Выборка также была поделена по видовому и половому признакам. Для обыкновенного ужа количество измерений составило 13, для прыткой ящерицы 21, для живородящей ящерицы 9.

Стоит отметить, что отрицательный отклик срабатывает гораздо в большем количестве случаев, нежели положительный.

Так, для живородящей ящерицы частота проявления отклика составила 44,44% (37,5% для самцов и 100% для неполовозрелых особей). Однако, ввиду небольшого количества экспериментов для этого вида, при дальнейшем анализе также остановимся на сравнении только двух видов, без учёта живородящей ящерицы. Также, довольно часто в ходе экспериментов объекты забирались по стенке камеры, отдаляясь от источника тепла – это

можно расценивать как поведенческую реакцию, однако связать её с изменением уровня освещенности не представляется возможным.

Отрицательный отклик практически в равной степени наблюдается как у обыкновенного ужа, так и у прыткой ящерицы.

Процент проявления отклика у прыткой ящерицы составил 71,43% (83,33% для самок, и 55,56% для самцов).

Стоит отметить, что частота проявления отклика у обыкновенного ужа несколько выше, чем у прыткой ящерицы – 76,92%. При этом у неполовозрелых особей отклик проявлялся в 50% случаев, а у самцов 81,82%.

Мы предполагаем, что столь значительный прирост к частоте проявления отрицательного отклика по сравнению с положительным можно объяснить избеганием рептилиями перегрева. Скорее всего, при достижении определённой, отличной от комфортной, температуры тела, у рептилии срабатывает инстинкт самосохранения, и она стремится как можно скорее покинуть зону с повышенной температурой окружающей среды. При этом, по всей видимости, зоны с пониженной освещенностью воспринимаются априори как более холодные («укрытие»), в связи с чем объекты исследования пытаются там скрыться от перегрева.

ГЛАВА 4. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ У РЕПТИЛИЙ КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Актуальность проектно-исследовательской деятельности сегодня осознается всеми. ФГОС нового поколения требует использования в образовательном процессе технологий деятельностного типа, методы проектно-исследовательской деятельности определены как одно из условий реализации основной образовательной программы начального общего образования. Современные развивающие программы начального, среднего образования включают проектную деятельность в содержание различных курсов и внеурочной деятельности. Это не случайно. Современный образованный человек должен уметь самостоятельно находить необходимую информацию и использовать ее для решения возникающих проблем. Чем больше информации, тем подчас труднее найти именно то, что тебе нужно.

Сегодня учитель формирует у обучающегося универсальные умения, позволяющие ставить и решать задачи для разрешения возникающих в жизни проблем. Акцент переносится на воспитание подлинно свободной личности, на формирование у детей способности самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения и четко планировать действия, эффективно сотрудничать в разнообразных по составу и профилю группах, быть открытыми для новых контактов и культурных связей. Это требует широкого внедрения в образовательный процесс альтернативных форм и способов ведения образовательной деятельности. Этим обусловлено введение в образовательный процесс методов и технологий на основе исследовательской деятельности обучающихся. Остановимся подробнее на различных видах исследовательской деятельности школьников. Всю исследовательскую деятельность обучающихся условно можно разделить на несколько групп:

1. Научно-исследовательская деятельность;
2. Проектная деятельность обучающихся;
3. Проектно-исследовательская деятельность (Беспалько, 1999).

Научно-исследовательская работа занимает значительное место в системе внеурочной работы. Но для того, чтобы достичь в этом направлении определенных результатов необходимо выполнение целого ряда условий. Главное – высокий уровень преподавания в школе и наличие педагогов, готовых осуществлять эту работу. Немалую роль сыграет благоприятный микроклимат в коллективе учащихся, и решающую роль сыграет наличие учащихся, способных к данному виду деятельности (Нинбург, 2006).

Полученные нами данные могут быть использованы в школе в качестве основы исследования учащихся и тем самым помогать развивать личность, умение критически мыслить, умение добывать знания практическим путем и соотносить их с теорией. Далее проекты могут быть реализованы, как в классе в качестве доклада, так и в качестве полноценной научно-исследовательской работы на школьных научных конференциях. Для реализации данной научной работы ученик должен обладать определенными компетенциями:

1. Умение работать с рекомендованной литературой, а это является основой научного исследования.
2. Умение критически осмысливать материал, представленный в книге т.е. необходимо уметь самостоятельно сопоставлять понятия и явления, делать собственные выводы.
3. Умение чётко и ясно излагать свои мысли. Т.к. каждое положение своего исследования должно быть изложено последовательно, не перескакивая с одной проблемы на другую (Нинбург, 2006).

Данная исследовательская работа в школе имеет свои плюсы и минусы.

Из положительных аспектов можно выделить доступность биологического материала, легкость сборки экспериментальной установки и проведения опытов, а также большой объем эмпирического исследования, что вызывает высокий интерес у школьников.

Из минусов данной работы можно выделить лишь то, что для выполнения данной работы необходимо обеспечить условия для временного содержания объектов исследования, что может себе позволить не каждая школа.

Главная наша цель научно-исследовательской работы школьников – поэтапное осуществление познавательного процесса путем непосредственного участия в нем ученика.

Все этапы этой работы должны осуществляться школьником самостоятельно. Учитель в данном случае выступает в роли консультанта. Т. к. школьное исследование не ставит перед собой целью установить какие-либо новые научные истины и факты, хотя опыт показывает, что ученические открытия бывают очень интересными и с точки зрения профессиональных ученых. Главным в ученической работе является решение учащимися творческой задачи с неизвестным заранее решением (Николаева, 2003).

Отсюда вытекают задачи нашей научно-исследовательской деятельности школьников.

1. Развитие самостоятельности.

В основе лежит поиск новых знаний, осуществляемый непосредственно учеником. В этом случае происходит развитие самостоятельности, необходимой для правильной социальной адаптации.

2. Самореализация личности ученика.

Научно-исследовательская работа помогает ученику найти себя, объективно оценить свои способности. Здесь важным становится правильное

определение возможностей каждого ребенка, направление процесса в нужное русло.

3. Развитие коммуникативных способностей.

Научно-исследовательская работа способствует развитию образного мышления, памяти, логики, заставляет учиться четко излагать свою точку зрения, свои мысли, а значит, напрямую затрагивает творческие способности ребенка.

В процессе осуществления научно-исследовательской деятельности ребенок становится открытым, социально активным, учится общению.

Исследование необходимо проводить через следующие этапы:

1. Определение объекта исследования, постановка задач.
2. Работа с источниками информации:
 - эксперимент;
 - литературные источники информации.
3. Осмысление полученной информации (ученик пишет работу, основанную на анализе источников, по составленному плану).
4. Общие выводы.

В нашем случае объектом исследования были 3 вида обыкновенный уж, прыткая ящерица и живородящая ящерица, однако возможно использование любых других видов, не только обитающих в Пермском крае.

Эксперимент является одним из основных методов выполнения данной исследовательской работы.

Объекты исследования – рептилии; приборы – нагревательный элемент с термоконтроллером, блок освещения, веб-камеры, ноутбук.

В ходе работы ученики самостоятельно выдвигают гипотезу, предвидя результаты эксперимента. Далее, под контролем преподавателя, проводится ряд экспериментов при разных температурах.

Для начала, совместно с учеником проводится сборка экспериментальной установки и вводный инструктаж.

Сборка прибора оригинальной конструкции сама по себе уже может являться отдельной темой мини-проекта, отвечающей всем требованиям к проектной деятельности учащихся.

На первом этапе данного мини-проекта, перед обучающимися ставится задача – разработка экспериментальной установки, позволяющей поддерживать постоянную температуру, но при этом создавать градиент освещённости.

Создание набросков и чертежей, подбор подходящих компонентов могут стать интереснейшими этапами даже для групповой работы. При этом материалами может послужить всё, что найдётся под рукой: коробки от офисной бумаги, картон, тёплый пол, оставшийся после ремонта, а разнообразие доступных источников освещения в наше время поражает воображение. Так что затруднений с финансовой точки зрения также не должно возникнуть.

Следующей задачей будет разработка нескольких возможных сценариев для будущего эксперимента. Идеи обсуждаются и выбираются наиболее валидные из них.

Объект исследования помещается учеником в установку, доведённую до заданной температуры. Затем, посредством ноутбука и веб-камер, проводится наблюдение за поведенческими актами. Данные заносятся в общую сводную таблицу.

После этого возможен и вполне желателен этап модернизации уже существующей конструкции опытной установки. Вместе с тем происходит доработка опытных сценариев: нерентабельные эксперименты отменяются, а

наиболее эффективные по возможности дорабатываются и утверждаются как основные.

Данные эксперименты повторяются многократно при разных температурах. После чего, ученики, под контролем преподавателя, проводят обработку полученных результатов опытов и строят таблицы и диаграммы, которые описываются, что позволяет выявить какие-либо закономерности. Под конец исследовательской работы ученики устанавливают соответствие результатов исследовательской работы выдвинутой в начале гипотезе и делают соответствующие выводы.

Финальный этап – оформление и защита данного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы мы получили следующие результаты:

1. нами был разработан и, в дальнейшем, модернизирован экспериментальный прибор оригинальной конструкции, способный поддерживать заданный температурный режим и создавать градиент освещенности;
2. было проведено суммарно 82 эксперимента с участием трёх видов рептилий, обитающих в Камском Предуралье: обыкновенный уж, приткая ящерица и живородящая ящерица, причем лишь часть проведенных экспериментов можно считать успешными;
3. для положительного отклика не было установлено достоверной зависимости терморегуляционного поведения от изменения уровня освещённости. В то время как проявление отрицательного отклика, по всей видимости связано с избеганием перегрева путём ухода в затемнённое «укрытие»;
4. созданы методические рекомендации, позволяющие провести многоступенчатую исследовательскую работу, состоящую из нескольких мини-проектов, с учащимися средней школы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ананьева, Н.Б.* Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России. / Н.Б. Ананьева, Л.Я. Боркин, И.С. Даревский, Н.Л. Орлов. – М.: АВФ, 1998 – 576 с.
2. *Бакиев, А.Г.* Змеи Волжско-Камского края. / А.Г. Бакиев, В.И. Гаранин, Н.А. Литвинов и др. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2004. – 192 с.
3. *Беспалько, В.П.* Слагаемые педагогические технологии / В.П. Беспалько. – М.: Изд-во «Педагогика», 1999. – 34 с.
4. *Воробьева, Л.В.* Гигиена, санонология, экология: учебное пособие / под ред. Л.В. Воробьевой. – СПб.: СпецЛит, 2011. – 255 с.
5. *Дунаев, Е.А.* Змеи. Виды фауны России: Атлас определитель / Е.А. Дунаев, В.Ф. Орлова. – М.: Фитон XXI, 2014. – 120с.: ил.
6. *Желанкин, Р.В.* Влияние различных условий освещенности на некоторые аспекты поведения Обыкновенного ужа (*Natrix natrix*) в лабораторном эксперименте / Р.В. Желанкин. – Вестник Тамбовского университета: серия Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, №6. – С. 3002-3005.
7. *Калябина-Хауф, С.А.* Филогеография и внутривидовая структура широкоареального вида ящериц *Lacerta agilis* L., 1758 (Lacertidae, Sauria, Reptilia) (опыт использования митохондриального геноцитохрома b) / С.А. Калябина-Хауф, Н.Б. Ананьева. – СПб, 2004. – 108 с.
8. *Литвинов, Н.А.* Новые материалы по биологии земноводных и пресмыкающихся Пермского края / Н.А. Литвинов, С.В. Ганщук, А.С. Воробьева и др. – Региональный компонент в преподавании биологии, валеологии, химии: межвуз. сб. научно-методич. работ. – Пермь: Пермский гос. пед. ун-т, 2006. – С. 32-40.
9. *Литвинов, Н.А.* Микроклиматические условия обитания рептилий Волжского бассейна / Н. А. Литвинов, С.В. Ганщук. – М., Вопросы герпетологии. – 2008. – С. 242-246.

10. *Литвинов Н.А.* Температура тела и микроклиматические условия обитания рептилий Волжского бассейна / Н. А. Литвинов // Зоол. журн. – 2008. – Т.87. – С. 1-13
11. *Литвинов Н.А.* К вопросу об оценке температуры тела рептилий, ее соотношении с внешней температурой и адаптивности размеров и окраски / Н. А. Литвинов // Принципы экологии. – 2015. – Т. 4, №1 (13). – С. 4-16
12. *Николаева, Л.С.* Методические рекомендации по педагогическому сопровождению проектно-исследовательской деятельности учащихся / Л.С. Николаева. – М.: Нар.образование, 2003. – 106 с.
13. *Нинбург, Е.А.* Технология научного исследования / Е.А. Нинбург. – М.: Издательство WWF России, 2006. – 28 с.
14. *Орлов, Н.Л.* Факультативная эндогенная терморегуляция питонов (Boidae, Pythoninae) и корреляция между эндотермными реакциями и поведенческой терморегуляцией / Н.Л. Орлов // Зоол. журнал. – 1986. – Т. 65, № 4. – С. 551-559.
15. *Орлова, В.Ф.* Природа России: жизнь животных. Земноводные и пресмыкающиеся / В.Ф. Орлова, Д.В. Семенов. – М. Изд-во «АСТ», 1999. – С. 480
16. *Слоним, А.Д.* Экологическая физиология животных / А.Д. Слоним. – М.: Высшая школа, 1971. – 449 с.
17. *Табачишин, В.Г.* Распространение и особенности экологии обыкновенного ужа (Natrix natrix) на севере Нижнего Поволжья / В.Г. Табачишин, И.Е. Табачишина // Поволжский экол. журн. – 2002. – № 2. – С. 179-183.
18. *Тертышников, М.Ф.* Влияние погоды и климата на активность прыткой ящерицы и разноцветной ящурки / М.Ф. Тертышников // Экология. – 1976. – №3. – С. 57-60.
19. *Тлепбергенова, Л.Н.* О роли пинеального комплекса ящериц в терморегуляторном поведении / Л.Н. Тлепбергенова, С.Б. Исабекова. – Алма-

Ата: Нейрогуморальная регуляция вегетативных функций: Матер. науч. конф. Ин-та физиол. АН КазССР. – 1986. – С. 139-144.

20. *Хаскин, В.В.* Энергетика теплообразования и адаптация к холоду / В.В. Хаскин. – Новосибирск: Наука. – 1975. – С. 13-19.

21. *Черлин, В.А.* Термобиология сетчатой ящурки (*Eremias grammica*), ушастой (*Phrynoscephalus mystaceus*) и песчаной (*Ph. interscapularis*) круглоголовок летом в Восточных Каракумах / В.А. Черлин, И.В. Музыченко // Зоол. журн. – 1983. – Т. LXII, вып. 6. – С. 897-908.

22. *Черлин, В.А.* Состояние и эволюция терморегуляции у пресмыкающихся / В. А. Черлин – Киев: Наукова думка – Вопросы герпетологии. – 1989. – С. 278-280.

23. *Черлин, В.А.* К термобиологии ящериц горных районов Узбекистана / В.А. Черлин, Ю.А. Чикин. – Герпетологические исследования: Сб.науч. тр. – Вып. 1. – Л., 1991. – С. 119-129.

24. *Черлин, В.А.* Рептилии: температура и экология. / В.А. Черлин. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014 – 452 с.

25. *Черлин, В. А.* Тепловые адаптации рептилий и механизмы их формирования / В. А. Черлин. – Принципы экологии. – 2015. – № 1. – С. 17–76.

26. *Черномордилов, В.В.* О температурных реакциях пресмыкающихся / В. В. Черномордилов. – Зоол. ж. – 1943. – Т. 22, № 5. – С. 274-279.

27. *Четанов, Н.А.* К вопросу о роли освещенности и температуры в терморегуляционном поведении ящериц / Н.А. Четанов. – Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – Т. 18, № 1. – С. 5-8.

28. *Чугуевская, Н.М.* Ужи (*Serpentes, Colubridae, Natrix*) Волжского бассейна: экология и охрана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.М. Чугуевская. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2005. – 19 с.

29. *Шилов, И.А.* Экология / И.А. Шилов. – М. Высшая школа. – 1998. – 513 с.

30. *Шмидт-Нильсен, К.* Физиология животных. Приспособление и среда. Кн. 1. / К. Шмидт-Нильсен. – М.: Мир, 1982.– 414 с.
31. *Cowles, R. B.* A cooling mechanism in the Texas nighthawk / R. B. Cowles, W. R. Dawson. – The Condor – 1951. – Vol. 53 – P. 19-22.
32. *Hailey, A.* Lifestyle and thermal ecology of natricine snakes / A. Hailey, P.M.C. Davies, E. Pulford. – Brit. J. Herpet. – 1982. – № 7. – P. 261-268.