

УДК 598.124:591.5

ИДЕНТИФИКАТОРЫ СРЕДЫ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННО-БИОТОПИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ГЕРПЕТОКОМПЛЕКСОВ ИЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РЕПТИЛИЙ И СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ

© 2009 И.В. Петрова, А.В. Павлов*

Казанский государственный университет, г. Казань (Россия)

Inga.Petrova@ksu.ru

Поступила 18 июня 2008 г.

В статье представлена структурная характеристика базы данных (БД), предназначенной для хранения и анализа пространственно-биотопических характеристик видов герпетофауны. Ключевым элементом БД выступает единица наблюдения, представляющая точку встречи особи (\varnothing 15 м) с «привязанными» к ней параметрами среды: микроклиматическими, орографическими, фитоценологическими, особенностями сопредельных территорий и др. Данные организованы в таблицы и информационные справочники в среде Microsoft Access. Предусмотрено включение различного типа данных (оригинальных, литературных и др.). Приводится пример использования БД на материале по экологии *Natrix natrix*. Полученные модели в значительной степени согласуются с экспертными оценками. Перспективы использования БД обуславливаются накоплением больших информационных массивов и возможностью анализа влияния факторов среды в их взаимной связи.

Ключевые слова: базы данных в герпетологии, экологические факторы, пространственные модели, формализация данных, *Natrix natrix*.

Распространение различных видов животных в окружающей среде, в том числе и рептилий, носит неоднородный характер, что связано с множеством факторов: внутривидовой и межвидовой конкуренции, наличия кормовых ресурсов, сезона года (Шмидт-Ниельсен, 1982; Бигон и др., 1989). Пространственное распределение видов рептилий, главным образом, обуславливается разнообразными факторами среды и их сочетанием: температурой, влажностью, характером древесного и травянистого покрова, характером рельефа и др. Комплекс абиотических факторов определяет большую часть особенностей жизни пресмыкающихся: физиологические, популяционно-экологические, трофические, поведенческие и многие другие аспекты их биологии. Установление взаимосвязи между животным и условиями среды является сложной задачей.

Различные стороны такого взаимодействия рассматриваются в работах, посвященных роли отдельных факторов в экологии рептилий (Прыткая ящерица, 1976; Черлин, 1983; Черлин, Музыченко, 1988; Панов, Зыкова, 2003; Литвинов, 2004 и др.). Как правило, исследованные показатели среды рассматриваются самостоятельно, вне взаимосвязи друг с другом, что часто не позволяет выделить видоспецифичный комплекс факторов и учесть истинную роль каждого из них.

*Инга Васильевна Петрова, аспирант; Алексей Владиленович Павлов, доцент.

В большинстве работ практически не рассматриваются дистантно-временные экосистемные аспекты: взаимосвязь структуры крупных ландшафтных единиц с особенностями локальных местообитаний, популяционно-видовая динамика с долговременными и глобальными климатическими воздействиями.

В большей степени к решению этой проблемы близок подход, предложенный В.А. Черлиным (Cherlin, 1991), названный автором методом эколого-физиологических матриц, наиболее полно учитывающий параметры среды: 1) климатические условия (температура, влажность и др.) в каждом микробиотопе, включая убежище; 2) подробную пространственно-временную структуру; 3) поведенческие реакции на изменение условий окружающей среды; 4) питание; 5) репродуктивные циклы; 6) собственные термобиологические характеристики и др. По замыслу автора все это должно описывать различные «события в природе», происходящие с теми или иными видами рептилий и отражающие их видоспецифичность. Очевидно, что при реализации данного подхода теоретически возможно полное описание экологической ниши вида.

При современном развитии компьютерных технологий методы, подобные методу эколого-физиологических матриц, реализуются в виде структурированных, учитывающих исследовательские задачи, баз данных (далее БД). При формировании последних (уже на этапе сбора материала) большая часть данных имеет довольно высокий процент изначальной информационной неопределенности, свойственный научно-естественным работам и вступает в известный конфликт с требованиями однообразной формализации, предъявляемой компьютерными технологиями (Прохоров, 2006). БД по зоологическим объектам должны отвечать следующим правилам (Смирнов и др., 2002):

- 1) должна использоваться реляционная модель БД;
- 2) в соответствии с требованиями нормализации БД информационные системы должны включать отдельные таблицы по каждому аспекту сведений о животных или растениях;
- 3) каждый элемент сведений должен храниться в конкретной системе только в одной записи одной таблицы. Это правило влечет за собой широкое использование словарей и классификаторов;
- 4) в основе системы должны лежать классификаторы животных;
- 5) часто используемые биологами данные о географическом распространении организмов должны быть строго разделены на отдельные аспекты (административно-территориальный, физико-географический, биогеографический, ландшафтный, природно-зональный и т.п.). Термины каждого аспекта должны быть зафиксированы в классификаторах.

В нашей работе мы представляем формализацию пространственно-биотопических данных и структуру БД, созданной на их основе.

Для решения задач наших исследований был разработан бланк для сбора данных по пространственно-биотопической составляющей мест находок объектов герпетофауны (рис. 1), собранных в течение 2006–2007 гг. Выбор фиксируемых элементов был определен исходя из значимости факторов для видов рептилий, населяющих умеренные широты.

Основной для формирования базы данных служит единица наблюдения, представляющая точку встречи особи диаметром 15м, фиксируемую GPS-

навигатором. Выбор диаметра обусловлен тем, что в момент встречи животное не перемещается за пределы периметра точки. Такой же подход использовался в исследованиях других авторов (Luiselli, Filippi, 2006).

На основе собранных данных начата работа по созданию БД в среде Microsoft Access, включающая 8 таблиц: 1) таблица «наблюдений», 2) таблица «встреч», 3) таблица «точки», 4) таблица «водоёмов», 5) таблица «растительности» (виды), 6) таблица «рельефа», 7) таблица «климата» и 8) таблица «сопредельные территории» (далее СТ), а также информационные справочники (рис. 2). Вариант заполнения БД представлен на рис. 3.

вид <i>Vipera berus</i>	№ (метра) 12	фото биотопа (вр. по камере)
дата, время 28.05.16 9:53		Древесно-кустарниковая
♀♂ (♂♂) сеголеток	ее описание:	доминант <i>ММ16</i>
точка N 59.75305		высота 80 см
отлова E 57.59441		сомкнутость крон 50%
h 270		другие виды, их присутствие:
фото особи (вр. по камере)		<i>Рябина, берёза, клён</i>
Регион, район РТ, Камско-Устьинский		
лесничество		
ОПТ		
квартал		
иное <i>лес мш. редост.</i>		Травянистый покров <i>ра. по траве</i>
облачность 0%	погодные условия в предыдущую-щие 3 дня:	доминант (-ы) <i>Б. майна</i>
ветер <i>З</i>		высота <i>80 см</i>
осадки		проективное покрытие 100%
т.возд.		
т.субстр. 18	1 су. освещ. <i>1 су. освещ.</i>	другие виды, их присутствие:
т.пищев. 306	т. 20-25°C	<i>сушка</i>
т.рект. 29.2	2 су. освещ.	
зн. освещ. = 1863х/0	т. 20-25°C	
освещ. (Лк) = 403х/100	3 су. освещ.	
RH, % = 40	т. 20-25°C	
L = 44	L.cd = 69	Вес. —
не акт. / м/акт. / акт. / ст/акт. / оч/акт.		рельеф (±h): —
использование убежища		экспозиция Южная
водоём		уклон 20°

Таблица «наблюдений» содержит 4 поля: 1) код точки (из таблицы «точки»), 2) дата (вводится непосредственно), 3) время (вводится непосредственно), 4) код наблюдения (уникален для каждого наблюдения).

Таблица «встреч» содержит 8 полей, включающих информацию о видовой и половой принадлежности, а так же размерные характеристики необходимые для популяционного анализа: 1) код наблюдения (из таблицы наблюдений), 2) код вида (из информационного справочника «виды»), 3) код пола (из информационного справочника «пол»), 4) L. (длина тела в мм вводится непосредственно), 5) L.cd. (длина хвоста в мм вводится непосредственно), 6) вес (г, вводится непосредственно), 7) код активности (с информационного справочника «активность»), 8) код убежища (с информационного справочника «убежище»).

тип сопредельной территории	тип сопредельной территории
расстояние от животного	расстояние от животного
до 15 м	50 – 70 м
направление	направление
С. лес	С. лес
В. камышная заросль	В. камышная заросль
Ю. луг	Ю. луг
З. камышная заросль	З. камышная заросль
до 30 м	70 – 100 м
направление	направление
С. лес	С. лес
В. камышная заросль	В. камышная заросль
Ю. луг	Ю. луг
З. камышная заросль	З. камышная заросль
30 – 50 м	более 100 м лес
направление	направление
С. лес	С. лес
В. камышная заросль	В. камышная заросль
Ю. луг	Ю. луг
З. камышная заросль	З. камышная заросль
составитель <i>Лемпета</i>	
<i>Р.С. Семенов, В.И. Иванов, М.И. Мельник</i>	

Рис. 1. Образец заполнения двустороннего бланка для сбора пространственно-биотопических данных

Таблица «точки» содержит 6 полей, включающих информацию о географическом местоположении наблюдения с возможностью занесения данных из более ранних источников: 1) код точки (уникален для таблицы, не повторяется), 2) регион (административно-территориальный регион), 3) административный район (внутреннее деление субъекта РФ), 4) ориентиры точки (подробное описание по отношению к чётким ориентирам на местности), 5) широта и 6) долгота (вводятся согласно показаниям GPS в случае наличия данных).

Остальные таблицы БД представляют собой блок, характеризующий условия среды. Таблицы «растительности», «рельефа», «водоёмов», «климата» содержат информацию об условиях непосредственно в точке встречи.

Водоёмы обуславливают многие микроклиматические параметры среды, с ними связан и кормовой потенциал биотопов. Вблизи водоёмов сглаживаются

температурные колебания. Таблица «водоёмов» содержит 2 поля: **1)** код наблюдения (из таблицы наблюдений), **2)** код водоёма (из справочника «водоёмы»).

Растительность играет огромную средообразующую роль: образует особые микроклиматические условия, к примеру, под пологом леса меняется температура и влажность (Бигон и др., 1989). Кроме того, присутствие растительности создает хорошие условия для укрытий рептилий. Таблица «растительности» содержит 5 полей: **1)** код (уникален для данной таблицы), **2)** код наблюдения (из таблицы наблюдения, может повторяться), **3)** код растения (из информационного справочника «растения»), **4)** высота яруса (вводится непосредственно), **5)** сомкнутость/покрытие (вводится непосредственно).

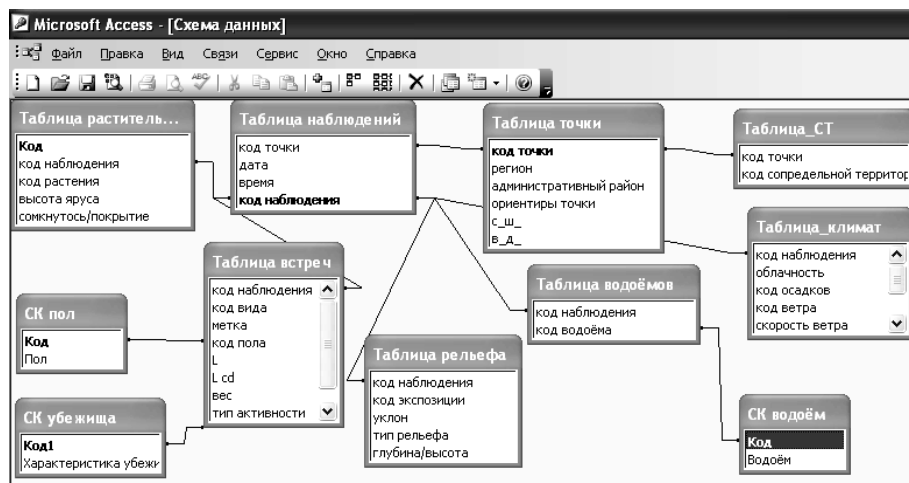


Рис. 2. Структура базы данных: арабскими цифрами обозначены основные таблицы, римскими – справочники (выборочно): I. «водоём», II. «пол», III. «убежище»

код точ	код особ	время	код вида	номер	описани	пол	L	Lcd	вес	внешня	внутрен	темпера
568	874	11:05	Natrix natri	111		самец	384	97	-9999	-9999	-9999	16,3
569	875	11:37	Natrix natri	112		самка	574	134	-9999	-9999	-9999	16,7
570	876	12:13	Natrix natri	113		самец	460	125	-9999	-9999	-9999	15,5
571	877	13:47	Natrix natri	114		самец	409	111	-9999	-9999	-9999	15,7
572	878	11:32	Natrix natri	115		самец	690	162	-9999	-9999	-9999	22,2
573	879	15:15	Natrix natri	116		не опр	720	150	-9999	-9999	-9999	22,8

код	дата	регион	администр	ориентир	ориентир	код водоёма	X	Y
420	05.07.2004	Республика Тап	Лаишее	Саралинский участок	данные от	9390089,32	6130174,57	
421	02.07.2004	Республика Тап	Лаишее	Саралинский участок	данные от	9390337,12	6128961,71	
422	02.07.2004	Республика Тап	Лаишее	Саралинский участок	данные от	9390337,12	6128975,11	
423	03.07.2004	Республика Тап	Лаишее	Саралинский участок	данные от	9389939,31	6128782,24	
424	25.06.2004	Республика Тап	Лаишее	Саралинский участок	данные от	9389932,61	6128787,59	
425	03.07.2004	Республика Тап	Лаишее	Саралинский участок	данные от	9389739,73	6128959,03	

Рис. 3. Фрагменты таблиц БД
Примечание: - 9999 – отсутствие данных.

Рельеф обуславливает локальную изменчивость экосистем (Савельев, 2004), часто играя решающую роль в распределении рептилий. Таблица «релье-

фа» включает в себя 5 полей: **1)** код наблюдения (из таблицы наблюдений), **2)** код экспозиции (из справочника «экспозиция»), **3)** уклон (градусы), **4)** тип рельефа (положительный/отрицательный), **5)** глубина/высота.

В БД заносятся как климатические характеристики (температура, влажность, освещение) наблюдаемые непосредственно в момент отлова, так и общие параметры макроклимата в течение 2-3 предшествующих дней (далее ПД). Данный подход обусловлен запаздыванием отклика микроклимата во времени. Таблица «климат» содержит 9 полей: **1)** код наблюдения (из таблицы наблюдения, может повторяться), **2)** облачность (в %), **3)** осадки (да/нет), **4)** код ветра (из справочника ветра), **5)** код из справочника погоды предыдущих дней, **6)** энергетическая освещенность, **7)** освещенность, **8)** температура, **9)** влажность.

С позиции пространственного распределения важным фактором является характер сопредельных территорий, особенно если «типичный» биотоп имеет малую площадь. Подобного рода влияние заложено в таблицу СТ. Учитывается градация различных типов ландшафтов с их описанием на разной удалённости от точки находки. Детализация описания СТ представлена в справочнике «СТ». Таблица СТ содержит 4 поля: **1)** код точки (из таблицы «точки»), **2)** код СТ (из справочника СТ), **3)** расстояние от точки находки до СТ (вводится непосредственно, м), **4)** географическое направление от точки находки (вводится непосредственно: южное, северное, западное, восточное).

Вспомогательными элементами БД являются 10 справочников. Некоторые из них по характеру содержащихся данных являются постоянными: например, справочник «пола». Другие содержат набор базовых характеристик, но при этом могут дополняться по мере необходимости: справочники «видов», «убежищ», «растений» и др. В дальнейшем справочники могут видоизменяться и дополняться.

Предложенная унификация данных уже использовалась при построении оценочных пространственных моделей распространения ужа обыкновенного *Natrix natrix* в зависимости от значений абсолютных высот, экспозиции, уклонов, породного состава деревьев, от суммарного влияния вышеперечисленных факторов на территории Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ) (Петрова и др., 2008; Газизов, Петрова, в печати). При анализе данных использовался геоинформационный подход, методы Байеса, методы геостатистики (Press, 1989; Демерс, 1999; Journel, 2000; Савельев, 2004; Трифонова и др., 2005).

Не вдаваясь в статистические аспекты обработки информации, следует отметить, что полученные модели в значительной степени согласуются с экспертными оценками. Однако при этом реализуется подход, учитывающий группу взаимодействующих факторов среды, что не возможно достоверно оценить при традиционном описании. Выбор факторов обуславливается их значимостью для распределения вида. В ходе итеративных поисков с одной стороны появляется возможность оценки «веса» каждого фактора в отдельности, с другой – выявляюся «пробелы» в недостатке данных по уже учтенным условиям среды и необходимость включения дополнительных характеристик. В настоящий момент построенные модели носят описательный характер и по своей сути являются отображением реализованной экологической ниши вида. В качестве примера

приведем результирующие карты, показывающие условные вероятности распределения *N. natrix* по территории Саралинского участка ВКГПБЗ (рис. 4).

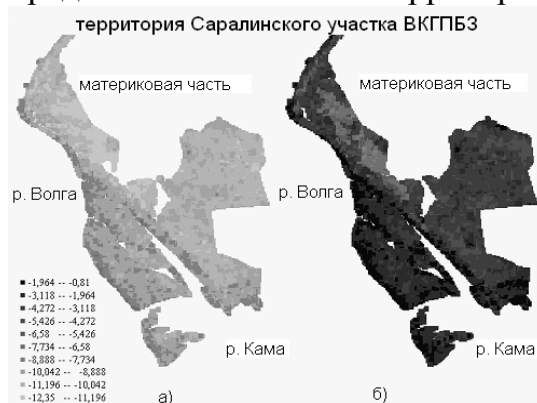


Рис. 4. Результаты моделирования пространственного распределения *Natrix natrix* на Саралинском участке ВКГПБЗ. по: а) произведению вероятностей, б) методу Journel, обозначены диапазоны распределения логарифма плотности вероятности

и советы при формировании структуры базы данных Прохорову В.Е., Пилюгину А.Г., Савельеву А.А., а также анонимному рецензенту за ценные замечания.

Попытки включения нами в модели дополнительных факторов (температуры и влажности) пока не позволили выявить достоверные взаимоотношения между исследуемыми параметрами в силу малого объема собранных полевых данных. Необходимость накопления больших массивов данных с целью прогнозного моделирования показана в ряде работ, и дает адекватный прогноз в ботанических (Aaviksoo, 1995; Рогова и др., 2003; Савельев, 2004; Рогова и др., 2005; Прохоров, 2006; Чижикова и др., 2006) и герпетологических исследованиях (Luiselli, Filippi, 2006; Brito et al., 2007; Henok, 2007).

Выражаем благодарность за помощь

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Температура и организмы // Экология особи, популяции и сообщества. Т. 1. М: Мир, 1989. С. 65.

Газизов Р.Р., Петрова И.В. Моделирование и пространственная оценка распространения ужа обыкновенного (*Natrix natrix*) // Ученые записки Казанского государственного университета (в печати).

Демерс М. Географические информационные системы. Основы. М.: «Дата+», 1999. 504с.

Литвинов Н.А. Термобинологические исследования // Змеи Волжско-Камского края. Самара: Изд-во Самарского НЦ РАН, 2004. С. 109–146.

Панов Е.Н., Зыкова Л.Ю. Кавказская агама: местообитания и численность // Горные агамы Евразии. М.: Лазурь, 2003. С. 141–149. – **Петрова И.В., Газизов Р.Р., Савельев А.А., Павлов А.В.** Предварительные результаты моделирования и пространственной оценки встречаемости ужа обыкновенного (*Natrix natrix*) на территории Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника // Вопросы герпетологии. 2008. С. 341–346. – **Прохоров В.Е.** Редкие виды сосудистых растений флоры Республики Татарстан: эколого-ландшафтные особенности хорологии и динамики: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2006. 24 с. – **Прыткая ящерица:** Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. 376 с.

Рогова Т.В., Савельев А.А., Прохоров В.Е. Построение пространственной модели потенциальных место-обитаний редких охраняемых видов регионального биоразнообразия // Университетская география. 2005. С. 209–213. – **Рогова Т.В., Савельев А.А., Мухарамова С.С.** Вероятностная модель образования растительных сообществ и моделирование пространственного распределения растительности // Международный симпозиум «Информационные системы по биоразнообразию видов и экосистем»: Сб. тезисов. СПб., 2003. С. 64. – **Рогова Т.В., Савельев А.А., Мухарамова С.С.** Вероятностная модель формирования флористического состава растительных сообществ // Ботанический журнал. 2005. Т. 90, № 3. С. 450–460.

Савельев А.А. Моделирование пространственной структуры растительного покрова. Казань: Изд-во Каз. ун-та, 2004. 243 с. – **Смирнов И.С., Лобанов А.Л., Алимов А.Ф., Медведев С.Г., Голиков А.А.** Итоги развития проекта ЗООИНТ и его дальнейшие перспективы // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: Труды Четвертой Всероссийской научной конференции RCDL'2002. Т. 2. 2002. С. 308–315.

Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощекоев А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях. М.: Академический проект, 2005. 349 с.

Черлин В.А. Способы адаптации пресмыкающихся к температурным условиям среды // Журн. общ. биол. 1983. Т. 64, № 6. С. 753–764. – **Черлин В.А., Музыченко И.В.** Сезонная изменчивость термобиологических показателей некоторых аридных ящериц // Зоол. журн. 1988. Т. 67, № 3. С. 406–416. – **Чижикова Н.А., Рогова Т.В., Савельев А.А.** Некоторые подходы к моделированию пространственной неоднородности растительного покрова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы II Всеросс. науч. конф. 2006. С. 352–353.

Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Кн. 1 Приспособления и среда. М: Мир, 1982. 416 с.

Aaviksoo K. Simulating vegetation dynamics and land use in a mire landscape using a Markov model // Landscape and Urban Planning. 1995. 31. P. 129–142.

Cherlin V.A. Method of ecology-physiological matrix of species in researches on reptile biology // Herpetological researches. 1991. P. 138–146.

Brito J.C., Mendonça B., Santos X. et al. Deciphering evolutionary patterns and conservation units in *Vipera latastei-monticola* with Geostatistics and Geographical Information Systems (GIS) // 2nd Biology of the Vipers Conference: Abstract Book. 2007. P. 46.

Journel A.G. Stochastic imaging from seismic data using multiple-point statistics // Stanford Center for Reservoir Forecasting, 13th Annual Meeting. 2000.

Henok E.N. Predictive Modelling of Amphibian Distribution Using Ecological Survey Data: a case study of Central Portugal: Msc. 2007. 74 p.

Luiselli L., Filippi E. Null models, co-occurrence patterns, and ecological modeling of a Mediterranean community of snakes // Amphibia-Reptilia. 2006. P. 325–337.

Press S. Bayesian Statistics: Principles, Models, and Applications. New York: John Wiley and Sons, 1989. 256 p.

ENVIRONMENTAL IDENTIFIERS AT SPATIAL BIOTOPIC ANALYSIS OF HERPETOCOMPLEX OR SEPARATE SPECIES OF REPTILES AND DATABASE CREATION BASED ON ITS

© 2009 I.V. Petrova, A.V. Pavlov

In article structure characteristic of the databases (DB) is presented. The DB intended for storing and a spatial biotopic analysis of herpetofauna species. The key element of DB is an observation unit representing an individual meeting point ($\emptyset 15$) with concurrent environmental characteristics: microclimate, orography, phytocenosis, features of adjacent areas, etc. Data are organized in Microsoft Access by tables and information directories. Inclusion of various types of data (original, literary, etc.) is provided. The DB application example is presented by use of *Natrix natrix* ecology data. The received models will be coordinated with expert estimations substantially. Application outlook of DB are caused by accumulation of vast information files and possibility of an analysis of influence of ecological factors in their interconnection.

Key words: herpetological databases, ecological factors, spatial models, data formalization, *Natrix natrix*.