

УДК 598.115.31(477)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ АРЕАЛА УЖА ВОДЯНОГО *NATRIX TESSELLATA* (REPTILIA, COLUBRIDAE) В УКРАИНЕ

О.Д. Некрасова, В.М. Титар

Институт зоологии НАН Украины,  
ул. Б. Хмельницкого, 15, Киев, 01030 Украина  
E-mail: oneks@mail.ru

**Моделирование и биоклиматический анализ изменений ареала ужа водяного, *Natrix tessellata* (Reptilia, Colubridae) в Украине. Некрасова О.Д., Титар В.М.** — С начала XXI века границы распространения водяного ужа, *Natrix tessellata*, в Украине расширились, а численность в некоторых группировках увеличилась. Так, за 10 лет уж продвинулся на 70 км севернее по Днепру. По нашим прогнозам, к 2030 г. территория, пригодная для обитания водяного ужа, увеличится еще на 3%, а в Киевской области — на 17%. Поэтому есть вероятность встреч водяного ужа и под Киевом.

Ключевые слова: уж, *Natrix tessellata*, ГИС моделирование, MaxEnt, изменение климата.

**Bioclimatic modeling and analysis of home range changes in the dice snake *Natrix tessellata* (Reptilia, Colubridae) in Ukraine. Nekrasova O.D., Tytar V.M.** — Since the beginning of the twenty-first century boundaries of the dice snake *Natrix tessellata* in Ukraine have expanded and certain populations have increased in numbers. For instance, the species has moved northwards along the Dnieper, covering a distance of 70 km within 10 years. We predict that by 2030, the territory suitable for dice snake habitat will increase by 3%, and in the Kiev region — by 17%. Therefore, there is a growing chance for meeting the dice snake nearby Kiev.

Key words: dice snake, *Natrix tessellata*, GIS modeling, MaxEnt, climate change.

### Введение

В последнее время во всем мире наблюдаются изменения границ распространения животных. Эти изменения связаны с разными факторами: климатическими, антропогенными (в т. ч. инвазиями), а также и со степенью изученности данного вопроса.

Так, северная граница распространения водяного ужа, *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768), изучена недостаточно. В 50–70-х годах считалось, что этот вид распространен только на юге и западе Украины: в Закарпатской, Днепропетровской, Луганской, Одесской, Запорожской, Николаевской, Херсонской, почти везде на побережье Черного и Азовского морей, в т.ч. АР Крым (Тарашук, 1959; Щербак, 1966; Щербак, Щербань, 1980). При этом в Украине ареал этого вида доходил (середина XX ст.) до с. Пелагеевка (Николаевская обл., 47°44' N) и с. Любимовка (Днепропетровская обл., 48°22' N) (Тарашук, 1959). Нами были установлены новые пределы распространения водяного ужа в Украине — Переяслав-

Хмельницкий р-н Киевской области (50°02' N) и Каневский р-н Черкасской области (49°59' N). Данные пункты находятся на расстоянии около 70–80 км севернее предыдущей границы ареала вида (Kotenko et al., 2011; Nekrasova et al., 2013). В России уж распространен до 53–54° северной широты — северо-запад Самарской обл. (Бакиев и др., 2009). Однако появляется новая информация о «продвижении» водяного ужа на север, которую необходимо проверять в дальнейшем. Поэтому целью нашей работы было спрогнозировать возможные варианты расселения этого вида. С помощью моделирования и биоклиматического анализа можно дать ответ на актуальный вопрос, как климатические изменения повлияют на пространственное распределение животных в современных условиях, а также и в ближайшем будущем. Эти сложные задачи с успехом решаются с использованием геоинформационных систем (ГИС). В последнее десятилетие идея применения многомерного статистического анализа для выявления экологических предпочтений вида и определения, на этой основе, границ его распространения активно разрабатывается и реализуется в современном методе биоклиматического моделирования (Титар, 2011).

## Материал и методы

В результате мониторинговых исследований на протяжении 2002–2014 гг. нами были выявлены группировки водяного ужа в Полтавской, Киевской, Черновицкой, Хмельницкой, Одесской, Николаевской, Херсонской, Запорожской областях и Крыма а также по сообщениям из Донецкой, Луганской и Харьковской областей (устн. сообщ. А. Биатов, А. Василюк и др.).

Картографическое сопровождение осуществляли с помощью программы *OziExplorer v.3.95.4m*, где была создана База Данных (БД). При этом для моделирования использовали литературные данные (84 точки, Kotenko et al., 2011; Писанец и др., 2005; Доценко, Радченко, 2005; Тарашук, 1999; Щербак, 1966; Щербак, Щербань, 1980 и др.) а также наши современные данные (107 точек, Некрасова, 2010, 2013; Nekrasova, Gavis, Kuubida, 2013 и др.) по находкам водяного ужа в Украине.

Для построения модели пространственного распределения водяного ужа на территории Украины и выявления факторов, влияющих на распространение этого вида использовали статистический метод максимальной энтропии и пакет математических программ с одноименным названием (MaxEnt). Данный подход основан на принципе нахождения распределения вероятности максимальной энтропии с учетом ограничений, налагаемых доступной информацией о наблюдаемом распространении видов (т. е. по наличию регистраций) и распределения экологических условий в районе исследования (Phillips et al., 2006). Для моделирования использовали как биоклиматические индексы, характеризующие состояние среды, учитывающие ее температуру, влажность, солнечную радиацию, всего 35 показателей из базы геоданных *CliMond* (<https://www.climond.org>), содержащей значения параметров современного климата, так и, в частности, предполагаемые значения параметров в 2030. В качестве порогового значения использовали 5% процентиль. Значения ниже этого percentиля считали, таким, что не удовлетворяют экологическим требованиям вида. Визуализация данных и пространственный анализ результатов моделирования проводили в геоинформационной среде *DIVA GIS* (<http://www.diva-gis.org>).

## Результаты и обсуждение

Среди использованных в модели биоклиматических факторов были выявлены те, которые оказывают наибольшее влияние (т. е. > 10%) на пространственное распределение водяного ужа. К ним относятся: *Bio01* — среднегодовая температура (19,1%), *Bio02* — средний суточный температурный диапазон (13,8%) и *Bio26* — показатель солнечного излучения самого теплого квартала (12,7%). В скобках указана доля в процентах вклада фактора в общее влияние на распространение водяного ужа. Необходимо отметить, что вид *Natrix tessellata* по биотопическим и климатическим предпочтениям относится к степным южным гидрофильно-термофильным видам средиземноморского происхождения, поэтому для его обитания большое значение имеют термофизические показатели.

Построение потенциального ареала водяного ужа в Украине с помощью программы MaxEnt показало, что уже при современных климатических условиях водяной уж может встречаться заметно шире (рис.1). Так, например, в Киевской области площади, удовлетворяющие экологическим требованиям вида, составляют примерно 70 % ее территории. Прогнозируемая моделью максимальная вероятность нахождения вида на принимаемой пригодной для него территории составляет 0,634, но в среднем эта величина достаточно небольшая — всего  $0,169 \pm 0,014$ . Для сравнения можно привести результаты по Николаевской области, где на 100% ее территории имеются условия, удовлетворяющие экологическим требованиям вида, а средняя величина вероятности его обнаружения примерно вдвое выше —  $0,367 \pm 0,015$ . Во Львовской области этот вид встречается достаточно редко (в Яворивском НПП, в природном заповеднике Ростоцье и др.). В целом свыше 70% территории этой области может считаться пригодной для обитания водяного ужа, а средняя величина вероятности его обнаружения здесь составляет  $0,203 \pm 0,016$ . То же самое касается Винницкой, Кировоградской и ряда других областей.

Анализ будущих изменений при климатических условиях 2030 г. (рис. 2) показывает, что в целом территория, которая может считаться пригодной для обитания водяного ужа увеличится незначительно — примерно на 3%. При этом может увеличиться средняя прогнозируемая вероятность того, что среда для вида окажется более благоприятной (естественно, в рамках рассматриваемых биоклиматических показателей). Так в Киевской области она возрастет примерно на 17%. Также вероятно появление водяного ужа к тому времени на юге Волынской области.

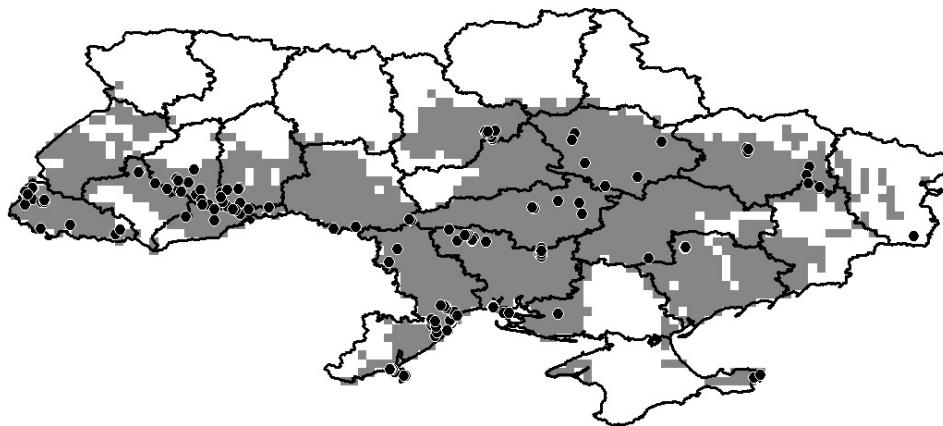
Таким образом, на современном этапе подтверждаются возможности обитания термофильного вида — водяного ужа на юге Житомирской области (г. Ружин, 1958 г., leg. Бруховский В., Житомирский краеведческий музей, лит. дан. (Щербак, 1967). А также на севере Винницкой, Черкасской, Полтавской и даже на юге Черниговской областей. Поступившие к нам данные о возможности обитания водяного ужа: в Киеве (на Жуковом острове, Киевская обл., устн. сообщ. рыбаки, фото, 2013) и в ок. с. Волчанск (р. Волчьа — Северский Донец, Харьковская обл., устн. сообщ. А. Кулиш, лето 2009) необходимо еще проверять. Но продвижение группировок водяного ужа до Киева и зимовка в берегоукрепительных насыпях вполне возможны. А также следует отметить появление большого спектра и увеличение кормовой базы — бычков (*Gobiidae*) в Киеве и окрестностях. Учитывая полученные данные и результаты моделирования потенциального ареала водяного ужа в Украине, необходимо продолжать мониторинговые исследования в вышеперечисленных областях Украины.

Бакиев А.Г., Маленев А.Л., Зайцева О.В., Шуришина И.В. Змеи Самарской области. — Тольятти: Кассандра, 2009. — 170 с.

Банников А. Г., Даревский И. С., Ищенко В. Г. и др. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. Учеб. пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов. — Москва: Просвещение, 1977. — 415 с.

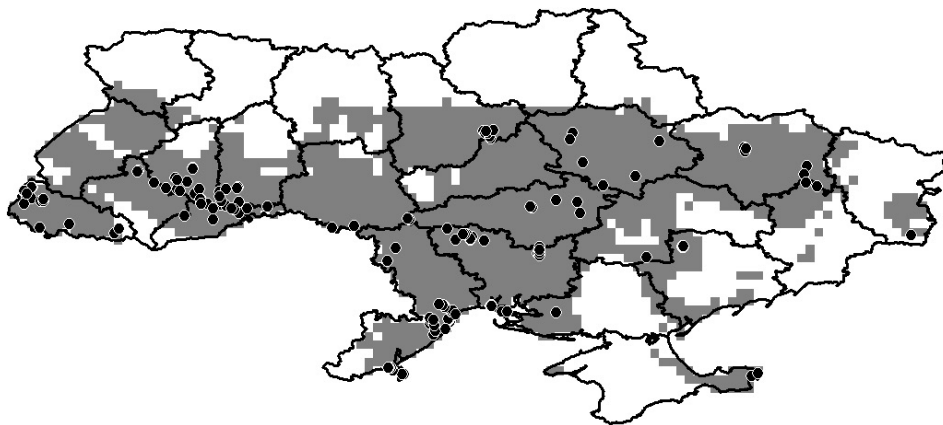
Доценко И. Б., Радченко В. И. Герпетофауна антропогенных ландшафтов Николаевской и Одесской областей // Збірник праць Зоологічного музею. — 2005. — № 37. — С. 109–120.

Некрасова О. Д. Земноводні та плазуни Дніпровського екокоридору // Водно-болотні угіддя Дніпровського екологічного коридору, кол. Монографія (відп. ред. В. І. Мальцев). — К.: Недержавна наукова установа Ін-т екології ІНЕКО, Карадзький природний заповідник НАН України, 2010. — С. 28–30.



**Рис. 1.** Модель потенциального ареала водяного ужа в Украине при современных климатических условиях (точками отмечены места находок водяного ужа).

**Fig. 1.** Model of the potential distribution of the dice snake in Ukraine under contemporary climate (dots indicate locations of the dice snake).



**Рис. 2.** Модель потенциального ареала водяного ужа в Украине при климатических условиях 2030 г.

**Fig. 2.** Model of the potential distribution of the dice snake in Ukraine under climate predicted for 2030.

Некрасова О. Д. К изучению герпетофауны Сухого лимана (Украина) // Матеріали VII Міжнар. конф. Праці Українського герпетологічного товариства. — 2013. — № 4. — С. 109–117.

Некрасова О. Д. К вивченню герпетофауни Приінгульського регіонального ландшафтного парку // Матеріали міжнар. наук.–практ. конф. «Екологія ВБУ і торфищ» (Зб. стат., гол. ред. В. В. Коніщук). — К., 2013. — С. 200–205.

Некрасова О. Д., Титар В. М. Обнаружение божьей коровки арлекина *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera : Coccinellidae) в Киеве // Вест. зоол. — 2009. — 42, № 6. — С. 538.

Олейник Я. В., Некрасова О. Д. Новые данные о северной границе распространения гадюки Никольского *Vipera nikolskii* (Reptilia, Viperidae) в пределах Киевской области // Вест. зоол. — 2012. — 46, № 3. — С. 258.

Писанец Е. М., Мануилова О. Н., Мамвеев А. С., Писанец А. М. Матеріали по изменчивости водяного ужа (*Natrix tessellata*) юга Украины // Матеріали 1 конференції Українського герпетологічного общества. — Киев : Зоомузей ННПМ НАН України, 2005. — С. 135–142.

Таращук В. І. Земноводні та плазуни. (Фауна України. Т. 7). — К. : Вид-во АН УРСР, 1959. — 247 с.

Таращук С. В. Вуж водяний — *Natrix tessellata* // Земноводні та плазуни України під охороною Бернської конвенції. — К. : 1999. — С. 57–59.

Титар В. М. Аналіз ареалів у видів : підхід, заснований на моделюванні екологічної ніші // Вестн. зоол. — 2011. — Окр. вип. № 25. — 96 с.

Щербак Н. Н. Земноводные и пресмыкающиеся Крыма. — Киев : Наук. думка, 1966. — 239 с.

Щербак Н. Н. О северной границе ареала некоторых пресмыкающихся фауны Украины // Вест. зоол. — 1967. — № 6. — С. 76–77.

Щербак Н. Н., Щербань М. И. Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. — Киев : Наук. думка, 1980. — 268 с.

Kotenko T. I., Shaitan S. V., Starkov V. G., & Zinenko O. I. The northern range limit of the dice snake (*Natrix tessellata*) in Ukraine and the Don river Basin in Russia // Mertensiella. — 2011. — 18. — P. 311–325.

Nekrasova O. D., Gavris G. G., Kuybida V. V. Changes in the Northern Border of the Home Range of the Dice Snake, *Natrix tessellata* (Reptilia, Colu-bridae), in the Dnipro Basin (Ukraine) // Vestnik zoologii. — 2013. — 47, N 5. — P. 475–479.

Phillips S. J., Anderson R. P., Schapire R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling. — 2006. — 190. — N 3–4. — P. 231–259.