

МЕТОДИКА  
ЗООЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 578.087.1:597.8:611.7

**БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОСТЕЙ БУРЫХ ЛЯГУШЕК  
И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСКОПАЕМЫХ ОСТАТКОВ**

© 1999 г. В. Ю. Ратников, Ю. В. Иванов

*Воронежский государственный университет, Воронеж 394693*

Поступила в редакцию 24.09.96 г.

Предложена методика видовой идентификации костей лягушек на основании совокупности замеров их параметров, которая может быть использована при определении ископаемого материала.

Использование современной компьютерной техники позволяет быстро оперировать массивами чисел, это дает новые возможности для обработки биометрических данных. Не случайно нумерический подход был введен недавно систематиками многих стран. Особенности морфологии скелета позвоночных могут быть выражены в числовой форме в виде соотношения замеров отдельных элементов скелета или участков кости, что широко используется при идентификации (Auffenberg, 1963; Bohme, 1982; Esteban, Sanchiz, 1991; Klemmer, 1957; Rage, 1972; Sanchiz, 1984; Sanchiz et al., 1993; Szyndlar, 1984, и др.). Для особей любого вида характерны колебания значений этих соотношений, поэтому такие значения могут перекрываться со значениями соотношений других видов. Каждое такое соотношение обычно свойственно нескольким видам. Но если сравнивать не одно соотношение, а совокупность нескольких, то теоретически величина перекрытия должна уменьшаться. Т.е. совокупность соотношений является более конкретной характеристикой, по которой возможна идентификация видов с приемлемой вероятностью. А возможна ли идентификация ископаемых костей, в той или иной степени разрушенных? Ведь большая часть фосиллий из-за механических повреждений определяется с меньшей точностью, чем аналогичная, но целая кость. Большая вероятность отнесения таких образцов к тому, а не другому виду увеличивает точность палеогеографических реконструкций при анализе ископаемых фаунистических комплексов и, возможно, повлияет на точность определения геологического возраста.

Чтобы прояснить данный вопрос, требуется выяснить, как ведут себя числовые параметры (с расчетом их усредненных значений) на целых скелетных элементах различных современных видов и на основании рассчитанных средних значений провести переопределение образцов. Сравнение их с результатами морфологических опре-

делений позволит выделить приоритетные параметры и сочетания, по которым с высокой достоверностью можно определить видовую принадлежность. Ясно, что исходная коллекция должна быть достаточно полной, а морфологические определения – надежны.

На первом этапе исследований была использована остеологическая коллекция бурых лягушек, собранная одним из авторов (Ратниковым В.Ю.). У геолога мало возможности целенаправленно собирать современный сравнительный материал, происходящий из самых различных точек бывшего СССР. Поэтому самостоятельно были собраны лишь некоторые образцы. Остальные были любезно предоставлены специалистами – герпетологами Л.Я. Боркиным, В.Ф. Орловой, А.И. Масалькиным, которым авторы приносят искреннюю благодарность.

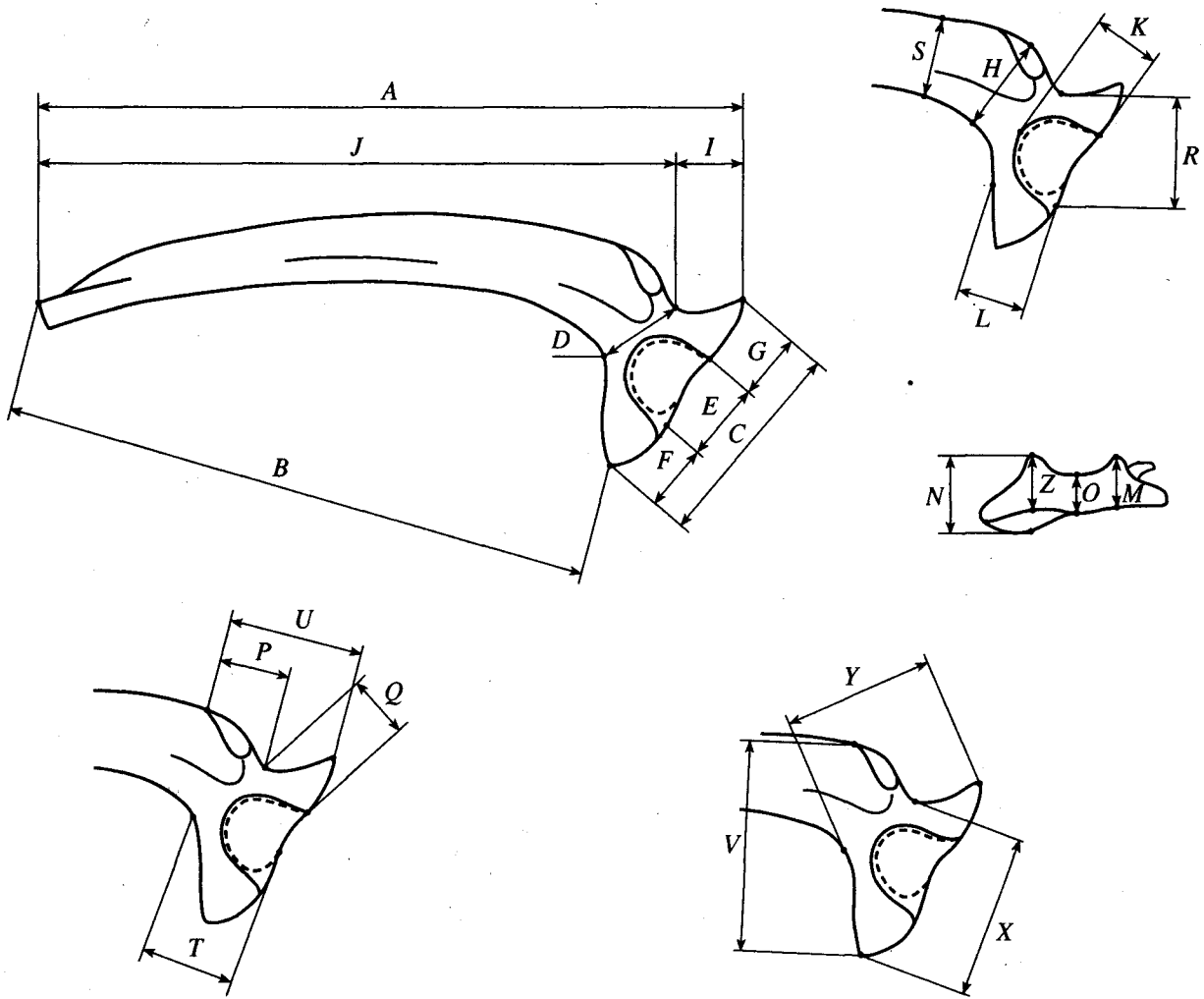
Коллекция включает скелеты 101 ос. пяти видов (табл. 1).

Для изучения мы выбрали подвздошную кость – самую диагностичную в скелете лягушек. Сложность ее строения позволяет определить большое число измеряемых параметров. В качестве таковых выделено 25 прямых отрезков между характерными точками на кости (терминология *sensu* Ратников, 1994), обозначенных буквами латинского алфавита (рис. 1). Измерения выполнены штангенциркулем с точностью до 0.1 мм. Кроме 25 параметров подвздошной кости при исследованиях фигурировал еще один – размеры животного.

На втором этапе исследований для идентификации ископаемого материала использованы подвздошные кости различной сохранности из пробы N5 местонахождения “Рудный” в Новоскольском р-не Белгородской обл. (Ратников, 1988). Данное местонахождение представляет собой захоронение лягушачьей зимовки, что позволяет с большой вероятностью считать все захоронен-

Таблица 1. Остеологическая коллекция бурых лягушек, использованная для измерения параметров подвздошной кости

Местоположение	Колич. образцов			
	Самец	Самка	Пол не определен	Всего
<i>Rana arvalis</i> Nilsson				
Рязанская обл., Рыбновский р-н, с. Кузминское	1	—	—	1
Липецкая обл., Боринский р-н, с. Грязное	2	5	—	7
Москва, Нагатино	—	3	—	3
Московская обл., Пушкинский р-н, Красноармейский лесхоз, оз. Ковязское	2	1	—	3
Центральный лесной государственный заповедник	1	—	—	—1
Воронежский государственный заповедник	1	1	—	2
Воронежская обл., районный центр Верхняя Хава	1	—	—	1
Новосибирск, окраина Академгородка	2	—	—	2
Томская обл., Щегарский р-н, с. Поздняково	7	2	—	9
Алтайский край, с. Яйлю	—	—	8	8
Без локалитета	1	1	—	2
Всего	18	13	8	39
<i>R. asiatica</i> Bedriaga				
Киргизия, Тюпский р-н, пос. Фрунзе, северо-восточная часть оз. Ис-Куля	4	3	—	7
Киргизия	1	—	—	1
Всего	5	3	—	8
<i>R. amurensis</i> Boulenger				
Монголия	—	1	—	1
Хабаровский край, Хабаровский р-н, с. Казаневичево	1	1	—	2
Хабаровск	1	—	—	1
Якутия, Ленинский р-н, с. Малыкай	2	3	—	5
Сахалин, Охинский р-н, пос. Рыбновск	1	1	—	2
Сахалин	3	2	—	5
Сахалин, пос. Москальво	1	1	—	2
Всего	9	9	—	18
<i>R. temporaria</i> Linnaeus				
Архангельская обл., Сёмжа	2	1	—	3
Архангельская обл., Онега	3	1	—	4
Рязанская обл., Рыбновский р-н, с. Кузминское	1	2	—	3
Приокский террасный заповедник	—	1	—	1
Калужская обл., р. Протва уд. Кислино	—	1	—	1
Калужская обл., район Кижей	—	1	—	1
Без локалитета	3	1	—	4
Всего	9	8	—	17
<i>R. chensinensis</i> David				
Южные Курилы, о-в Шикотан	3	1	—	4
Южные Курилы, о-в Кунашир, пос. Головинно	—	5	—	5
Южные Курилы	—	2	—	2
Приморье, Уссурийский заповедник, верховье р. Комаровка	5	1	—	6
Без локалитета	2	—	—	2
Всего	10	9	—	19



**Рис. 1.** Используемые параметры подвздошных костей лягушек: *A* – расстояние от переднего конца *ala ossis ilii* до верхнего конца *pars ascendens*, *B* – расстояние от переднего конца *ala* до нижнего конца *pars descendens*, *C* – расстояние от верхнего конца *pars ascendens* до нижнего конца *pars descendens*, *D* – ширина *radix alae*, *E* – высота *acetabulum*, *F* – расстояние от нижнего края *acetabulum* до нижнего конца *pars descendens*, *G* – расстояние от верхнего края *acetabulum* до верхнего конца *pars ascendens*, *H* – максимальная высота *ala* над *tuber superior*, *I* – длина верхнего края *pars ascendens*, *J* – длина *ala*, *K* – ширина *acetabulum*, *L* – ширина *pars descendens* на уровне нижнего края *acetabulum*, *M* – толщина *corpus ilii* на уровне верхнего края *acetabulum*, *N* – толщина *corpus ilii* на уровне нижнего края *acetabulum*, *O* – высота *junctura ilioischiadica* в чашке *acetabulum*, *P* – расстояние от нижнего края *pars ascendens* до переднего конца *tuber superior*, *Q* – расстояние от нижнего края *pars ascendens* до верхнего края *acetabulum*, *R* – расстояние от нижнего края *pars ascendens* до нижнего края *acetabulum*, *S* – высота *ala* перед *tuber superior* на расстоянии его длины, *T* – ширина *corpus ilii* от нижнего края *radix* до заднего края *acetabulum*, *U* – расстояние от переднего конца *tuber superior* до верхнего конца *pars ascendens*, *V* – расстояние от переднего конца *tuber superior* до нижнего конца *pars descendens*, *X* – расстояние от нижнего края *pars ascendens* до нижнего конца *pars descendens*, *Y* – расстояние от верхнего конца *pars ascendens* до нижнего края *radix alae*, *Z* – высота *junctura ilioischiadica* на уровне нижнего края *acetabulum*.

ные кости (более 2800) принадлежащими особям одного вида – *Rana temporaria* Linnaeus.

В качестве математической основы был выбран коэффициент пропорционального сходства Имбри и Парди ( $\hat{R}$ ), позволяющий сравнивать образцы по комплексу признаков и рассчитываемый по формуле:

$$\hat{R}_{1-2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} \times x_{i2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{i1}^2 \times \sum_{i=1}^n x_{i2}^2}}$$

где  $x_{i1}$ ,  $x_{i2}$  и  $x_{i1}^2$ ,  $x_{i2}^2$  значения и квадраты значений одноименных параметров соответственно в сравниваемых образцах 1 и 2;  $n$  – количество параметров, участвующих в расчете.

Значения показателя  $\hat{R}$  изменяются от 1 – для образцов, у которых измеряемые значения параметров меняются строго пропорционально, до 0 – если эти изменения произвольны.

На первом этапе методом расчета средних арифметических определены эталонные значе-

Таблица 2. Эталонные значения параметров подвздошной кости (мм) самок и самцов анализируемых видов бурых лягушек

Параметр	<i>R. arvalis</i>		<i>R. temporaria</i>		<i>R. asiatica</i>		<i>R. amurensis</i>		<i>R. chensinensis</i>	
	самец	самка	самец	самка	самец	самка	самец	самка	самец	самка
A	18.8	17.8	27.2	24.1	19.3	14.3	18.7	19.7	20.6	21.9
B	15.6	15.0	21.8	19.7	15.7	11.8	15.6	16.4	16.8	18.0
C	5.9	5.2	8.0	6.9	5.7	4.0	5.1	5.4	6.0	5.8
D	2.5	2.1	3.3	2.8	2.5	2.0	2.1	2.2	2.5	2.5
E	2.9	2.6	4.0	3.4	3.1	2.4	2.7	2.8	3.0	2.9
F	2.0	1.6	3.1	2.5	2.2	1.3	1.6	1.5	2.3	2.2
G	2.2	1.9	2.5	2.3	1.8	1.3	1.9	1.7	2.0	2.0
H	2.8	2.4	3.4	2.8	2.8	2.1	2.2	2.3	2.5	2.4
I	2.3	2.0	2.9	2.7	2.2	1.5	2.0	2.0	2.2	2.1
J	16.7	15.9	24.2	21.3	17.1	12.8	16.6	17.7	18.3	19.7
K	2.2	1.9	3.3	2.8	2.3	1.7	1.8	2.0	2.3	2.3
L	1.9	1.7	3.1	2.5	2.0	1.5	1.6	1.7	2.2	2.1
M	1.2	1.1	1.6	1.3	1.2	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
N	1.8	1.5	2.4	2.0	2.0	1.4	1.5	1.6	1.9	1.8
O	1.0	0.9	1.2	1.0	1.0	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8
P	2.4	1.9	2.4	2.9	2.4	2.0	1.8	2.0	2.5	2.6
Q	1.8	1.5	2.2	1.9	1.9	1.4	1.6	1.6	1.8	1.7
R	3.3	3.0	4.6	3.9	3.4	2.5	2.9	3.1	3.3	3.1
S	2.5	2.2	2.3	2.0	2.6	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1
T	2.4	2.0	3.6	3.0	2.5	1.7	2.2	2.2	2.8	2.8
U	4.5	3.9	6.4	5.5	4.7	3.4	3.7	3.9	4.6	4.5
V	6.1	5.4	7.1	6.3	5.9	4.2	4.8	4.9	5.3	5.4
X	4.6	4.2	6.2	5.3	4.6	3.3	4.1	4.1	4.5	4.5
Y	4.5	3.9	6.2	5.4	4.4	3.3	4.0	4.0	4.6	4.4
Z	1.3	1.2	1.8	1.4	1.4	0.9	1.1	1.2	1.4	1.3

ния параметров для каждого вида и пола. Т.е. для пяти видов рассчитано десять эталонных комплексов значений (далее в тексте – эталонов) (табл. 2). Причем для показателя  $\hat{R}$  важны не сами значения этих параметров, а их соотношения между собой. Для исключения влияния различий абсолютных величин при расчете  $\hat{R}$  измеряемые значения приведены к средним для всех образцов.

Для определения степени различия 10 эталонов рассчитаны коэффициенты пропорционального сходства, которые приведены в табл. 3. Как видно из этой таблицы, максимальным сходством обладают эталоны противоположных полов одного и того же вида. Исключение составляет вид *R. asiatica*, самцы которого имеют большее сходство с самцами *R. arvalis* (0.9983), чем с самками своего вида (0.9978). Вероятно, пределы изменчивости выбранных нами параметров у этих видов сильно перекрываются, что указывает на высо-

кое морфологическое сходство их подвздошных костей. Возможно, для более надежного их различения требуются дополнительные параметры, хотя простое увеличение количества измеряемых параметров не всегда приводит к увеличению точности определения вида и пола. Так, при сравнении по 25 параметрам 10 эталонов со 101 образцом исходной коллекции, 13 образцов показали большее сходство с эталонами не своего вида, а 15 – не своего пола.

Поэтому для выявления параметров, определяющих видовые и половые особенности, и установления их приоритетности для всех образцов и отдельно – для каждого пола и вида *R*-методом проведен кластерный анализ матриц парных коэффициентов корреляции ( $r$ ). Результаты кластерной обработки образцов, сгруппированных по этим признакам, для наглядности отображены в виде ассоциативных рядов (рис. 2), где положение каждого параметра в ряду определяется величи-

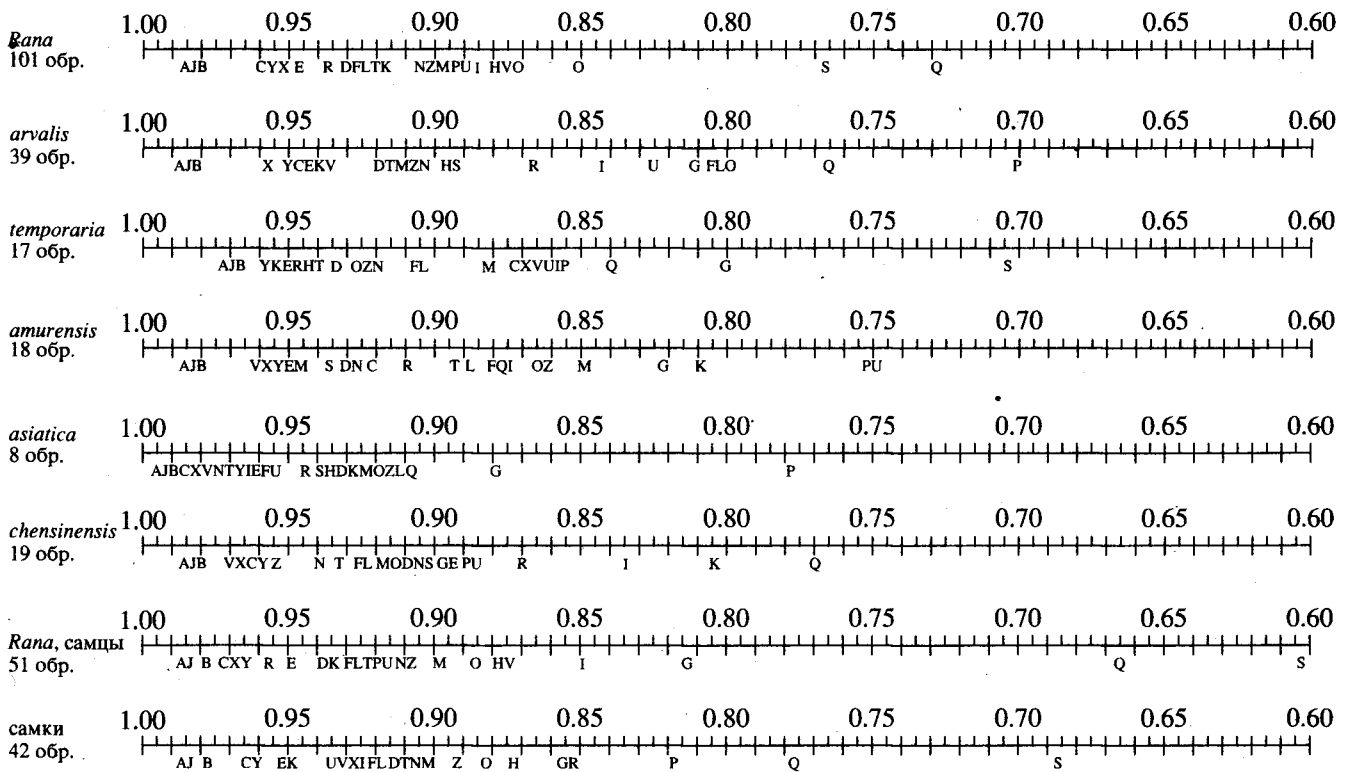


Рис. 2. Результаты кластерного анализа (R – метод) рода *Rana*.

ной его связи с остальными, убывающей слева направо. В качестве основы взят ассоциативный ряд, рассчитанный для всех образцов и имеющий вид:

A, J, B, C, Y, X, E, R, D, F, L, T, K, N, Z, M, P, U, I, H, V, O, G, S, Q

Дальнейший анализ сводится к прослеживанию изменений местоположения отдельных параметров в подобных рядах, полученных для об-

разцов, объединенных по половым или видовым признакам.

Стержневой связкой является ассоциация из трех параметров A, J, B, имеющих парную корреляционную связь высокого уровня  $r = 0.98$ , который не зависит от вида и пола. Остальные параметры по мере уменьшения связи последовательно присоединяются к ним, образуя иногда ассоциации, как правило, неустойчивые. Наибо-

Таблица 3. Коэффициенты пропорционального сходства ( $\hat{R}$ ) эталонов

Вид, пол	<i>R. arvalis</i>		<i>R. temporaria</i>		<i>R. asiatica</i>		<i>R. amurensis</i>		<i>R. chensinensis</i>	
	самец	самка	самец	самка	самец	самка	самец	самка	самец	самка
<i>R. arvalis</i> , самец	1.0000	0.9987	0.9936	0.9947	0.9983	0.9971	0.9973	0.9964	0.9960	0.9943
самка	0.9987	1.0000	0.9928	0.9939	0.9966	0.9959	0.9983	0.9976	0.9949	0.9940
<i>R. temporaria</i> , самец	0.9936	0.9928	1.0000	0.9991	0.9943	0.9927	0.9936	0.9939	0.9987	0.9976
самка	0.9947	0.9939	0.9991	1.0000	0.9933	0.9926	0.9954	0.9951	0.9984	0.9982
<i>R. asiatica</i> , самец	0.9983	0.9966	0.9943	0.9933	1.0000	0.9978	0.9956	0.9961	0.9966	0.9944
самка	0.9971	0.9959	0.9927	0.9926	0.9978	1.0000	0.9948	0.9963	0.9946	0.9937
<i>R. amurensis</i> , самец	0.9973	0.9983	0.9936	0.9954	0.9956	0.9948	1.0000	0.9989	0.9964	0.9962
самка	0.9964	0.9976	0.9939	0.9951	0.9961	0.9963	0.9989	1.0000	0.9962	0.9962
<i>R. chensinensis</i> , самец	0.9960	0.9949	0.9987	0.9984	0.9966	0.9946	0.9964	0.9962	1.0000	0.9990
самка	0.9943	0.9940	0.9976	0.9982	0.9944	0.9937	0.9962	0.9962	0.9990	1.0000

**Таблица 4.** Количество ошибок определения вида и пола по значениям  $\hat{R}$  в зависимости от условий его расчета (на 101 обр.)

Условия расчета показателя $\hat{R}$	Колич. ошибок определения		
	вида		пола
	первым эталоном	двумя эталонами	
По 25 параметрам	13	4	15
По 24 параметрам (искл. Q)	6	1	16
По 23 параметрам (искл. Q, S)	10	3	15
По 21 параметрам (искл. Q, A, B, J)	7	2	20
По 18 параметрам (искл. Q, A, B, J, C, Y, X)	10	2	22
По 18 параметрам (искл. Q, I, H, V, O, G, S)	18	9	15
По 20 параметрам (искл. Q, A, B, J, L)	10	2	22
По 20 параметрам (искл. Q, A, B, J, Z)	12	3	25
По 20 параметрам (искл. Q, A, B, J, S)	12	4	16
По 15 параметрам (искл. Q, A, B, J, C, Y, M, U, I, G)	13	4	19
По 15 параметрам (искл. Q, A, B, J, C, Y, Z, U, I, G)	13	6	27
По 15 параметрам (искл. Q, A, B, J, X, F, L, Z, V, S)	22	9	30
По 12 параметрам (искл. Q, A, B, J, C, X, F, L, P, U, H, V, S)	24	10	37
По 10 параметрам (искл. Q, A, B, J, C, Y, X, E, R, F, L, N, G, Z, V)	30	11	39
По 24 параметрам (искл. Q) с увеличением абсолютных значений пропорционально "r" в ассоциации	8	1	—
По 24 параметрам (искл. Q) с увеличением абсолютных значений пропорционально "1/r" в ассоциации	7	1	—

лее часто отмечается связка параметров F, L и, реже, T. Близко к этому "трио" в ряду расположена менее устойчивая ассоциация N, Z, M, также характерная для групп, разбитых по видовым и половым признакам.

Наибольший практический интерес представляют параметры, расположенные в правой части этого ряда и имеющие более слабые связи с остальными. Параметр Q имеет самые слабые связи (до  $r = 0.732$ ), как в данном ряду, так и для видовых и половых групп. Поэтому с учетом асинхронности колебаний его значений с остальными, он лишь искажает рассчитанные значения  $\hat{R}$ . Параметр S является наиболее важным для определения видовой принадлежности, так как в группах, объединенных по видам, его связь с остальными резко возрастает. Наоборот, параметры P и U, больше отражают половые особенности, имея в половых группах более сильные связи.

Остальные параметры несут, как правило, информацию как о видовой, так и о половой принадлежности, при этом чем правее каждый из них расположен в общем ряду, тем большее значение имеет для идентификации.

Для проверки основных выводов кластерного анализа опробованы различные варианты расчета значений  $\hat{R}$  между эталонами и образцами коллекции с последовательным исключением отдельных параметров и изменением их значимости.

Наибольшая эффективность определения видовой и половой принадлежности (табл. 4) достигнута при исключении параметра Q из расчета показателя  $\hat{R}$ . В этом случае 94 образца показали максимальное сходство с двумя эталонами (самец и самка) своего вида. Шесть образцов продемонстрировали наибольшее сходство с одним из эталонов другого вида, тогда как сходство со своим эталоном оказалось вторым. И у одного образца сходство со своими эталонами оказалось еще более далеким. Т.е. при идеальной сохранности подвздошной кости в случае, когда образец отнесен к определенному виду с помощью двух эталонов (самки и самца) по 24 параметрам (исключая Q), ошибка не превышает 1%.

Дальнейшее последовательное исключение из расчетов параметров из левой и правой частей общего ряда приводит к увеличению практической ошибки определения как вида, так и пола. При этом чем правее в ряду расположен пара-

Таблица 5. Результаты измерения ископаемых подвздошных костей *R. temporaria* различной сохранности из местонахождения "Рудный" и восстановленная длина тела (мм)

Параметр	Номер образца													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C	7.4	8.4	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	3.2	3.8	3.2	3.2	3.4	3.1	3.2	2.9	-	3.4	2.8	-	2.6	3.1
E	3.8	4.4	3.7	3.7	3.9	-	-	3.2	-	3.8	3.4	-	2.9	-
F	3.2	3.0	2.8	-	-	-	-	-	-	3.3	2.4	3.3	-	-
G	2.1	2.5	2.3	2.6	2.6	-	-	-	2.2	-	-	-	-	-
H	3.4	3.8	3.1	3.4	3.6	3.1	3.5	2.9	2.4	3.5	2.7	3.3	2.6	3.1
I	2.2	3.0	2.6	3.1	3.0	-	2.7	-	2.5	-	-	-	-	-
K	3.2	3.3	2.9	3.5	3.2	3.2	3.4	-	3.0	3.0	2.8	2.9	2.6	2.8
L	2.8	3.2	3.1	2.9	-	-	-	-	-	6.1	2.5	2.8	2.4	-
M	1.5	1.8	1.5	1.7	1.5	1.5	1.3	-	1.2	1.6	-	-	-	1.3
N	1.8	2.3	1.9	2.4	2.3	-	-	-	-	2.0	1.9	2.0	-	-
O	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	-	-	1.3	1.0	-	0.8	1.1
P	3.6	3.4	3.2	3.7	3.4	3.6	4.2	3.2	3.0	3.8	3.0	-	3.0	3.4
Q	2.2	2.5	2.2	2.6	2.4	2.3	2.4	-	2.1	2.2	-	-	-	2.1
R	4.0	4.6	4.1	4.2	4.2	-	-	3.3	-	4.2	3.9	-	3.5	-
S	2.2	2.3	-	2.2	-	2.2	2.3	2.0	1.8	2.4	1.7	-	1.7	2.1
T	3.5	3.9	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	-	-	3.7	3.0	3.6	2.9	3.7
U	5.9	6.2	5.3	6.9	6.2	-	6.4	-	5.2	-	-	-	-	-
V	7.3	8.2	7.0	-	-	-	-	-	-	6.6	5.2	-	-	-
X	6.2	7.0	6.2	-	-	-	-	-	-	5.8	4.6	-	-	-
Y	5.5	6.3	5.7	6.1	6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z	1.8	1.8	1.7	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-
Длина (Zi)	71	81	68	72	73	71	74	61	65	71	62	67	56	67
Вероятность ошибки при определении вида, %	1	1	3	5	5	11	10	15	12	6	5	12	11	11

метр, тем больше ошибка определения. Так, если исключение из расчета кроме Q параметров A, J, B, расположенных в левой части ряда, приводит к 7 ошибкам определения первым эталоном и двум ошибкам определения двумя эталонами, то в случае, когда из расчета кроме Q исключается параметр S, количество ошибок определения вида первым эталоном возрастает уже до 10, а двумя – до 3. Еще больше возрастает количество ошибок определения вида при исключении из расчета большего числа параметров.

Направленное изменение величины параметров за счет уменьшения или увеличения их абсолютных значений в соответствии с порядком расположения в общем ассоциативном ряду также повлекло за собой некоторое увеличение количества ошибочных определений первым эталоном до 7–8.

Сравнение образцов коллекции с пятью эталонами, рассчитанными отдельно для каждого вида без учета половой принадлежности, также не увеличило достоверность определения. В этом случае по 24 параметрам (без Q) допущено 11 ошибок определения вида, причем, наиболее часто (5 ошибок) *R. temporaria* определяется как *R. chensinensis* и наоборот, так как их эталоны имеют наибольшее сходство ( $\hat{R} = 0.9994$ ). Несколько меньшее сходство по биометрическим параметрам имеют эталоны *R. arvalis* и *R. asiatica* –  $\hat{R} = 0.998$ . *R. amurensis* имеет наименьшее сходство с остальными – на уровне  $\hat{R} = 0.997$ .

Оценка эффективности применения данного метода при определении видовой принадлежности ископаемого материала на 14 образцах подвздошных костей различной сохранности из местонахождения "Рудный" по неполному набору па-

раметров показала (табл. 5), что только в одном случае (образец № 8) наша видовая идентификация не соответствует предполагаемому виду.

В табл. 5 приведены также результаты восстановления методом множественной регрессии длины тела ( $Li$ ) захороненных животных, что важно при палеогеографических реконструкциях (Ратников, 1996). Для этого из числа имеющихся использованы параметры с наибольшим весом в изменчивости размера. Конкретные уравнения множественной регрессии рассчитаны без учета видовых и половых особенностей. Оптимальными были признаны следующие уравнения:

1.  $Li = 7.51D + 7.98E + 5.76K - 1.98$  – для образцов NN 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 13;

2.  $Li = 13.86D - 2.43H + 10.75K + 1.25$  для образцов NN 6, 7, 14;

3.  $Li = 13.15D - 3.34H + 11.08E - 3.16$  для образца N 8;

4.  $Li = 2.02G + 2.45H + 0.56I + 16.47K + 4.07$  для образца N 9;

5.  $Li = 7.51D + 7.98E + 5.76K - 1.98$  для образца N 12.

Приведенные уравнения регрессии описывают изменчивость размера животных на 89–91%. Т.е. практическая средняя ошибка определения колеблется на уровне 10% от пределов изменчивости или на уровне 3–5% – от абсолютного размера тела в зависимости от степени сохранности образца. Указанную ошибку определения можно сделать меньше, если уравнения регрессии рассчитывать отдельно для каждого вида и пола.

## ВЫВОДЫ

1. По совокупности параметров ископаемых костей лягушек возможна идентификация видов и восстановление приблизительных размеров погибших особей с той или иной степенью надежности.

2. Различные параметры костей имеют разную диагностическую значимость. Поэтому степень надежности идентификации зависит не только от количества параметров, но и от их значимости. А так как оценка достоверности отнесения образцов с различной степенью сохранности к тому или иному виду производится на образцах коллекции по сохранившимся параметрам определяемого образца, то очевидно, что на надежность определения оказывает влияние и качество эталонной коллекции.

3. Подобная методика определения видовой принадлежности может быть использована для костей любых позвоночных, обладающих доста-

точной межвидовой изменчивостью, в том числе и вымерших, если возможен подбор представительной эталонной коллекции.

4. По серии замеров можно идентифицировать не только отдельные кости, но и структуры, состоящие из неподвижно соединенных костей (черепа, челюсти и т.д.).

5. Набор усредненных числовых параметров может быть дополнительной видовой характеристикой в систематических исследованиях, как современных, так и вымерших форм.

6. Коэффициенты пропорционального сходства, рассчитанные для эталонов (табл. 3), указывают на степень морфологической близости костей различных видов. Если рассмотреть совокупность этих коэффициентов по всем изменчивым костям скелета, можно будет предположить ту или иную степень эволюционной близости самих видов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ратников В.Ю., 1988. Верхнечетвертичные герпетофауны Белгородской области // Палеонтол. журн. № 3. С. 119–120. – 1994. Бесхвостые амфибии позднего каинозоя Восточно-Европейской платформы и их стратиграфическое и палеогеографическое значение. Воронеж. Ун-т Воронеж. Деп. в ВИНИТИ 18.05.94, № 1248-B94. 140 с. – 1996. К методике палеогеографических реконструкций по ископаемым остаткам амфибий и рептилий позднего каинозоя Восточно-Европейской платформы // Палеонтол. журн. № 1. С. 77–83.
- Auffenberg W., 1963. The fossil Snakes of Florida // Tulane stud. Zool. V. 10. № 3. P. 131–216.
- Bohme G., 1982. Biometrische Untersuchungen an Skellettelementen von Anuren // Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin. Math.-naturwiss. R. V. 31. № 3. S. 209–216.
- Esteban M., Sanchiz B., 1991. Sobre la presencia de *Rana iberica* en el Pleistoceno Burgales // Rev. Esp. Herp. V. 5. P. 93–99.
- Klemmer K., 1957. Untersuchungen zur Osteologie und Taxonomie der europäischen Mauereidechsen // Abh. senckenb. naturf. Ges. B. 496. S. 1–56.
- Rage G.C., 1972. Les amphibiens et les reptiles du gisement des Abimes de la Fage // Nouv. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon. F. 10. P. 79–90.
- Sanchiz B., 1984. Analisis filogenetica de la tribu Alytini (Anura, Discoglossidae) mediante el estudio de su morfoestructura osea // Historia biologica del ferreret. Ciutat de Mallorca, Editorial Moll. P. 61–108.
- Sanchiz B., Schleich H., Esteban M., 1993. Water Frogs (Ranidae) from the Oligocene of Germany // Journal of Herpetology. V. 27. № 4. P. 486–489.
- Szyndlar Z., 1984. Fossil snakes from Poland // Acta zool. cracov. V. 28. № 1. P. 3–156.



**BIOMETRIC PARAMETERS OF BROWN FROG BONES  
AND POSSIBILITIES OF THEIR USE FOR IDENTIFYING FROG FOSSILS**

**V. Yu. Ratnikov, Yu. V. Ivanov**

*Voronezh State University, Voronezh 394693, Russia*

The methods for specific identification of frog bones based on a set of the measured parameters that can be used for identifying fossils are suggested.