

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

УДК 593.11

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О РАКОВИННЫХ АМЕБАХ РЕКИ КОКО
ПРОВИНЦИЙ КУАНГНАМ И ДАНАНГ, ВЬЕТНАМ

К.Х. Чан

Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический
центр, Вьетнам, Ханой, Кау Зай, Нгуа До, Нгуен Ван Хуен 63
e-mail: hoantran2985@gmail.com

В работе представлены первые данные о видовом разнообразии раковинных амёб реки Коко провинций Куангнам и Дананг (Вьетнам). В 28 собранных пробах выявлено 55 видов и подвидов раковинных амёб, относящихся к 9 родам и 6 семействам. Видовое разнообразие раковинных амёб в планктоне выше, чем в донных пробах. Наибольшей частотой встречаемости характеризовались *Centropyxis aculeata* (64,3%), *Netzelia wailesi* (39,3%), *Diffugia acuminata* (32,1%), *Arcella discoides scutelliformis* (28,6%) и *Lesquereusia modesta* (28,6%). Наибольшим числом видов представлены роды *Diffugia* (25), *Arcella* (12), *Centropyxis* (5) и *Netzelia* (4). Кривая видового накопления, основанная на полученных данных, не насыщена и описывается уравнением $y = 12,56N^{0,46}$. Среднее видовое богатство раковинных амёб на пробу в планктоне ($13,0 \pm 3,1$) статистически выше, чем в донных пробах ($1,8 \pm 1,5$) ($p < 0,001$). Результат ординации (анализ избыточности) показывает, что исследованные гидрохимические показатели (температура, pH, содержание растворенного кислорода, электрическая проводимость, солёность) воды объясняют лишь 31,6% вариации видового состава раковинных амёб, в том числе первая и вторая оси объясняют 11 и 10,2% вариации соответственно.

Ключевые слова: раковинные амёбы, видовое разнообразие, река Коко, Куангнам, Дананг, анализ избыточности

Раковинные амёбы являются полифилетической группой простейших с широким распространением в природе. Они играют важную роль в экосистемах, поскольку являются компонентом «микробной петли» [1, 2]. Раковинные амёбы имеют практическое значение как биологические и палеоэкологические индикаторы [3–5] и даже используются в судебной экспертизе [6–8].

Большинство исследований раковинных амёб было проведено в Европе и Америке. В Азии количество исследований видового состава и распределения раковинных амёб крайне незначительно. К настоящему времени существует лишь несколько работ о разнообразии раковинных амёб Вьетнама [9–14]. При этом исследованиями охвачены лишь немногие районы.

Коко является небольшой, но исторически, экономически и культурно важной рекой для провинций Куангнам и Дананг, через которые она протекает. Её длина составляет примерно 28 км, и в истории она явилась важным водным путём, соединяющим порт Хойан (провинция

Куангнам) и порт Дананг (провинция Дананг). С экологической точки зрения река Коко интересна тем, что она течёт параллельно побережью Восточного моря и имеет два эстуарных выхода. Эти особенности гидрологии реки Коко влияют на условия обитания гидробионтов. При этом со временем процесс осадконакопления приводит к сужению реки, что сопровождается изменениями её экологического состояния и экономического значения. Всё это не получает должного внимания учёных. До настоящего момента отсутствуют работы о сообществе раковинных амёб реки Коко.

По утвержденному плану администраций обеих провинций Куангнам и Дананг, в ближайшее время будет проведено углубление и расширение русла реки Коко с целью экономического развития региона. Появляются проекты строительства недвижимости вдоль берега реки. Будущий эффект такого антропогенного влияния на эту реку с экологической точки зрения ещё остаётся неясным. В такой ситуации изучение

разнообразия тестаций реки Кокко в настоящее время может дать полезную информацию для мониторинга состояния этой реки в будущем.

Материалы и методы исследования

Двадцать восемь планктонных и донных проб из четырнадцати точек на реке Кокко были собраны в апреле 2017 г. (рис. 1). Точки 1–5 на-

пробы объёмом 1 мл были проанализированы с использованием микроскопа «Olympus CX43» с камерой «DP21» под увеличением 40–1000× для определения видового состава сообществ раковинных амёб. Для видовой идентификации использовались общепринятые определители [15–17].

Для сравнения среднего видового богатства

тестаций в пробах планктона и бентоса использовали критерий Уилкоксона–Манна–Уитни (уровень статистической значимости $p=0,05$). Ординация методом анализа избыточности (Redundancy Analysis – RDA) использовалась для изучения связи между сообществами раковинных амёб реки Кокко и некоторыми показателями речной воды (рН, растворенный кислород, температура, электропроводность). Для этого анализа были использованы только данные планктонных проб.

Кривая видового накопления была построена по формуле:

$$y = aN^z$$

где: y – число видов; a – альфа-разнообразие; N – число проб; z – бета-разнообразие.

Данные обрабатывались с помощью языка программирования R версии 3.5.0.

Результаты и обсуждение

Вода реки Кокко ближе к нейтральной с колебаниями рН от 6,6 до 8,8 (табл. 1). Наблюдается сильное изменение содержания растворённого кислорода от низких значений в биотопах с густыми зарослями водных растений до высоких показате-

лей, где поверхность воды более открыта. Электрическая проводимость воды реки Кокко выше по сравнению с этим показателем для других внутренних водоёмов [18], но сходна со значениями для приморских водоёмов [14, 18].

В 28 собранных пробах было идентифицировано 55 видов и подвидов раковинных амёб, относящихся к 9 родам и 6 семействам (табл. 2). Семь таксонов определены до уровня рода. 53 вида и подвида были найдены в планктонных пробах, тогда как только 15 видов обнаружено в донных пробах. Таким образом, для реки Кокко видовое разнообразие раковинных амёб в планктоне выше, чем в бентосе. В данной работе не были обнаружены новые виды для фауны раковинных амёб Вьетнама.

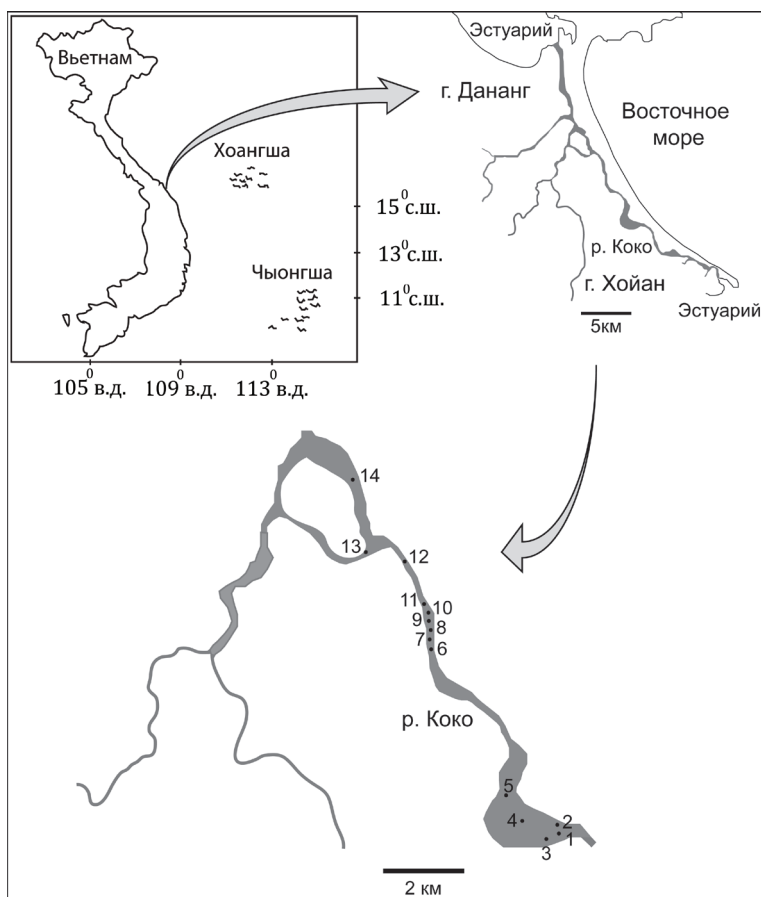


Рис. 1. Карта точек сбора проб.

ходятся на территории провинции Куангнам, а точки 6–14 – на территории провинции Дананг. Планктонные пробы были собраны из зарослей водных растений (водного гиацинта и водной осоки) планктонной сеткой с размером ячеек около 25 мкм. Донные пробы были собраны с помощью дночерпателя ДАК-100 и фиксированы формалином (4%).

Координаты точек сбора проб (табл. 1) были определены с помощью GPS-навигатора «Garmin GPSMAP 78sc». Гидрохимические параметры (температура, рН, содержание растворенного кислорода, электрическая проводимость, солёность) воды в местах сбора проб были измерены прибором «Hanna HI 9828».

От семи до десяти повторностей каждой

Таблица 1

Координаты точек сбора проб и некоторые физико-химические параметры воды

Точки	Координаты	Температура (°С)	pH	Содержание растворенного кислорода (мг/л)	Электрическая проводимость (мкСм/см)	Соленость (‰)
1	15° 55,927' с.ш. 108° 17,805' в.д.	26,41	7,12	1,26	375	0,18
2	15° 55,938' с.ш. 108° 17,796' в.д.	25,48	7,05	1,01	477	0,23
3	15° 55,867' с.ш. 108° 17,716' в.д.	26,58	7,19	0,37	210	0,10
4	15° 56,076' с.ш. 108° 17,326' в.д.	27,26	6,65	0,47	228	0,11
5	15° 56,435' с.ш. 108° 17,110' в.д.	27,59	7,68	8,74	177	0,08
6	15° 58,626' с.ш. 108° 16,036' в.д.	27,58	7,64	0,95	490	0,23
7	15° 58,648' с.ш. 108° 16,047' в.д.	28,19	8,19	3,96	945	0,46
8	15° 58,670' с.ш. 108° 16,078' в.д.	27,59	7,70	3,48	450	0,21
9	15° 58,809' с.ш. 108° 16,042' в.д.	28,00	8,62	9,43	448	0,21
10	15° 58,808' с.ш. 108° 16,031' в.д.	27,46	7,58	0,79	380	0,18
11	15° 58,791' с.ш. 108° 16,047' в.д.	29,28	7,79	2,27	402	0,19
12	15° 59,528' с.ш. 108° 15,708' в.д.	28,78	7,94	4,94	459	0,22
13	15° 59,610' с.ш. 108° 15,134' в.д.	28,39	7,41	0,38	593	0,28
14	16° 00,623' с.ш. 108° 15,027' в.д.	29,08	8,84	9,29	1291	0,64

Наибольшей частотой встречаемости характеризуется *Centropyxis aculeata* (64,3% проб). При этом данный вид отмечен во всех планктонных пробах, но только в 28,6% донных проб. Среди других видов часто встречается *Netzelia walesi* (39,3%), *Diffugia acuminata* (32,1%), *Arcella discoides scutelliformis* (28,6%), *Lesquereusia modesta* (28,6%). Во Вьетнаме *Centropyxis aculeata* и *Lesquereusia modesta* также характеризовались высокой встречаемостью в других водоемах [10, 14].

Кривая накопления видового разнообразия раковинных амёб реки Коко описывается уравнением $y = 12,56N^{0,46}$. Данная кривая не насыщена, увеличение количества проб приведет к обнаружению но-

вых видов для изучаемого водоема. Альфа- и бета-разнообразие раковинных амёб реки Коко сходны с таковыми для озера Баушен (провинция Бинь-Тхуан, Вьетнам) [14]. Альфа-разнообразие раковинных амёб реки Коко выше, чем в озере Баучанг (провинция Бинь-Тхуан, Вьетнам), но ниже, чем в озере Баушау (провинция Донг-Най, Вьетнам). Напротив, бета-разнообразие раковинных амёб реки Коко ниже, чем в озере Баучанг, но выше, чем в озере Баушау [10, 14].

Наибольшим числом видов представлены роды *Diffugia* (25), *Arcella* (12), *Centropyxis* (5) и *Netzelia* (4). Высокое число видов данных родов также отмечено в других реках, таких как реки Курачай, Шамкирчай (Азербайджан), Влтава (Чехия) и

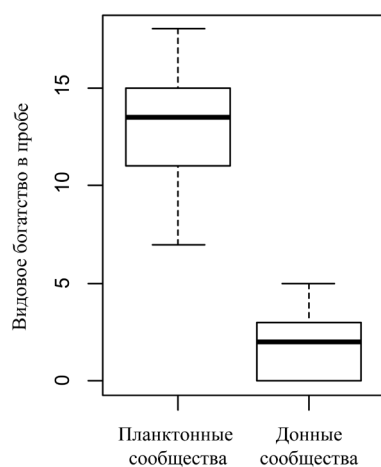


Рис. 2. Видовое богатство таксоценозов раковинных амёб в планктонных и бентосных пробах из реки Коко.

Таблица 2

Видовое богатство и встречаемость раковинных амёб в реке Кокко

№	Виды	Встречаемость (%)		
		Планктонные пробы	Донные пробы	Всего
СЕМЕЙСТВО ARCELLIDAE EHRENBURG, 1843				
Род <i>Arcella</i> Ehrenberg, 1830				
1	<i>Arcella conica</i> (Playfair, 1918) Deflandre, 1928	21,4	0	10,7
2	<i>Arcella discoides</i> Ehrenberg, 1843	50	0	25
3	<i>Arcella discoides scutelliformis</i> Playfair, 1918	57,1	0	28,6
4	<i>Arcella gibbosa</i> Penard, 1890	7,1	0	3,6
5	<i>Arcella hemishaerica</i> Perty, 1852	7,1	0	3,6
6	<i>Arcella intermedia</i> (Deflandre, 1928) Tsyganov, Mazei, 2006	28,6	0	14,3
7	<i>Arcella intermedia laevis</i> (Deflandre, 1928) Tsyganov, Mazei, 2006	28,6	0	14,3
8	<i>Arcella megastoma</i> Penard, 1902	14,3	7,1	10,7
9	<i>Arcella vulgaris</i> Ehrenberg, 1830	21,4	0	10,7
10	<i>Arcella</i> sp. 1	7,1	0	3,6
11	<i>Arcella</i> sp. 2	14,3	0	7,1
12	<i>Arcella</i> sp. 3	7,1	0	3,6
СЕМЕЙСТВО CENTROPYXIDAE JUNG, 1942				
Род <i>Centropyxis</i> Stein, 1857				
13	<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1832) Stein, 1857	100	28,6	64,3
14	<i>Centropyxis aerophila sphagnicola</i> Deflandre, 1929	21,4	28,6	25
15	<i>Centropyxis constricta</i> (Ehrenberg, 1841) Deflandre, 1929	21,4	21,4	21,4
16	<i>Centropyxis ecornis</i> (Ehrenberg, 1841) Leidy, 1879	14,3	0	7,1
17	<i>Centropyxis laevigata</i> Penard, 1890	35,7	0	17,9
Род <i>Cyclopyxis</i> Deflandre, 1929				
18	<i>Cyclopyxis eurystoma</i> Deflandre, 1929	7,1	0	3,6
19	<i>Cyclopyxis kahli</i> Deflandre, 1929	0	7,1	3,6
20	<i>Cyclopyxis plana</i> Bartos, 1963	7,1	0	3,6
СЕМЕЙСТВО DIFFLUGIIDAE WALLICH, 1864				
Род <i>Diffugia</i> Leclerc, 1815				
21	<i>Diffugia acuminata</i> Ehrenberg, 1838	50	14,3	32,1
22	<i>Diffugia ampullula</i> Playfair, 1918	7,1	0	3,6
23	<i>Diffugia brevicolla</i> Cash et Hopkinson, 1909	35,7	7,1	
24	<i>Diffugia capreolata</i> Penard, 1902	35,7	0	
25	<i>Diffugia curvicaulis</i> Penard, 1899	0	7,1	3,6
26	<i>Diffugia elegans</i> Penard, 1890	7,1	7,1	7,1
27	<i>Diffugia elegans angustata</i> Gauthier-Lievre et Thomas, 1958	35,7	0	17,9
28	<i>Diffugia gigantea</i> (Chardez, 1967) Ogden et Fairman, 1979	21,4	0	10,7
29	<i>Diffugia gramen</i> Penard, 1902	7,1	0	3,6
30	<i>Diffugia lanceolata</i> Penard, 1890	7,1	7,1	7,1
31	<i>Diffugia limnetica</i> Penard, 1902		0	7,1
32	<i>Diffugia linearis</i> (Penard, 1890) Gauthier-Lievre et Thomas, 1958	7,1	7,1	7,1

Продолжение

Таблица 2

№	Виды	Встречаемость (%)		
		Планктонные пробы	Донные пробы	Всего
33	<i>Diffugia lithophila</i> (Penard, 1902) Gauthier-Lievre et Thomas, 1958	21,4	0	10,7
34	<i>Diffugia lobostoma</i> Leidy, 1879	28,6	0	14,3
35	<i>Diffugia minuta</i> Rampi, 1950	7,1	0	3,6
36	<i>Diffugia oblonga</i> Ehrenberg, 1838	7,1	0	3,6
37	<i>Diffugia paulii</i> Ogden, 1983	7,1	7,1	7,1
38	<i>Diffugia schurmanni</i> van Oye, 1932	35,7	0	17,9
39	<i>Diffugia urceolata</i> Carter, 1864	7,1	0	3,6
40	<i>Diffugia urceolata sphaerica</i> Playfair, 1917	7,1	0	3,6
41	<i>Diffugia venusta</i> (Penard, 1902) Ogden, 1983	35,7	14,3	25
42	<i>Diffugia</i> sp. 1	28,6	0	14,3
43	<i>Diffugia</i> sp. 2	21,4	0	10,7
44	<i>Diffugia</i> sp. 3	14,3	0	7,1
45	<i>Diffugia</i> sp. 4	14,3	0	7,1
Род <i>Cucurbitella</i> Penard, 1902				
46	<i>Cucurbitella vlasinensis</i> Ogden et Zivkovic, 1983	7,1	0	3,6
СЕМЕЙСТВО LESQUEREUSIDAE OGDEN, 1979				
Род <i>Lesquereusia</i> Schlumberger, 1845				
47	<i>Lesquereusia modesta</i> Rhumbler, 1895	57,1	0	28,6
48	<i>Lesquereusia spiralis</i> (Ehrenberg, 1840) Butschli	14,3	0	7,1
Род <i>Netzelia</i> Ogden, 1979				
49	<i>Netzelia corona</i> (Wallich, 1864) Gomaa et al., 2017	42,9	7,1	25
50	<i>Netzelia oviformis</i> (Cash, 1909) Ogden, 1979	50	0	25
51	<i>Netzelia tuberculata</i> (Wallich, 1864) Netzel, 1983	14,3	0	7,1
52	<i>Netzelia wailesi</i> (Ogden, 1980) Meisterfeld, 1984	71,4	7,1	39,3
СЕМЕЙСТВО EUGLYPHIDAE WALLICH, 1864				
Род <i>Euglypha</i> Dujardin, 1841				
53	<i>Euglypha acanthophora</i> (Ehrenberg, 1841) Perty, 1849	42,9	0	21,4
54	<i>Euglypha rotunda</i> Wailes, 1915	42,9	0	21,4
СЕМЕЙСТВО TRINEMATIDAE HOOGENRAAD ET DE GROOT, 1940				
Род <i>Trinema</i> Dujardin, 1841				
55	<i>Trinema enchelys</i> (Ehrenberg, 1838) Leidy, 1878	21,4	0	10,7
Количество видов и подвидов		53	15	55

Сура (Россия) [19–21].

Диаграмма видового богатства (рис. 2) и результат теста Уилкоксона–Мана–Уитни показывают, что среднее видовое богатство раковинных амёб на пробу в планктоне ($13,0 \pm 3,1$) статистически выше, чем в бентосе ($1,8 \pm 1,5$) ($p < 0,001$). Данный результат отличается от результата исследований, проведенных на озере Гуарана (Бразилия), где среднее видовое богатство в пробе в донных сообществах выше, чем в планктонных [22]. К настоящему моменту трудно сделать однозначный вывод о различиях видового богат-

ства раковинных амёб в планктоне и бентосе ввиду малого количества исследований, посвященных данной проблематике.

Результат анализа избыточности показывает, что изучаемые показатели воды объясняют лишь 31,6% вариации видового состава раковинных амёб. При этом первая (RDA1) и вторая (RDA2) оси объясняют 11% и 10,2% вариации соответственно (рис. 3). Виды *Arcella* sp. 1, *Diffugia gramen* и *Cyclopyxis eurystoma* ассоциированы с точкой 5, которая характеризовалась высоким содержанием растворенного кислоро-

да и низкой электропроводностью. Напротив, виды *Lesquereusia spiralis* и *Arcella megastoma* ассоциированы с точкой 2 с низким содержанием растворенного кислорода. Распределение вида *Diffugia elegans* показывает высокую положительную корреляцию с содержанием растворенного кислорода, а распределение *Arcella megastoma* и *Lesquereusia spiralis* отрицательно коррелирует с величиной pH воды.

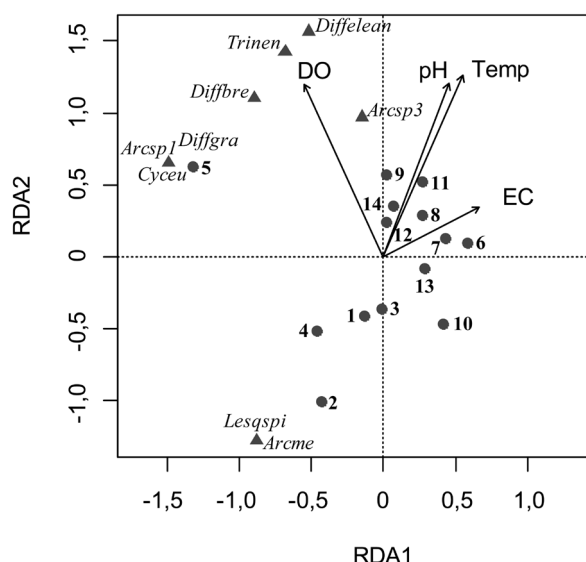


Рис. 3. Диаграмма анализа избыточности (Redundancy Analysis – RDA) сообществ раковинных амёб реки Коко. Треугольники – виды. На диаграмме показаны только те виды, распространение которых более чем на 50% объясняется изучаемыми показателями воды. Круги – точки сбора проб. Стрелки – изучаемые показатели воды (DO – растворенный кислород, Temp – температура, EC – электропроводность). RDA1 и RDA2 – первая и вторая оси, которые соответственно объясняют 11 % и 10,2 % вариации видового состава раковинных амёб. Arcme – *Arcella megastoma*, Arcsp1 – *Arcella* sp. 1, Arcsp3 – *Arcella* sp. 3, Cyceu – *Cyclopyxis eurystoma*, Diffbre – *Diffugia brevicolla*, Diffelean – *Diffugia elegans*, Diffgra – *Diffugia gramen*, Lesqspi – *Lesquereusia spiralis*, Trinen – *Trinema enchelys*.

Результаты других исследований также показывают, что *Diffugia gramen* адаптирована к биотопам с высоким содержанием растворенного кислорода [23], тогда как *Arcella megastoma* предпочитает местообитания с его низким содержанием [24]. Однако литературные данные [24], в отличие от результатов нашей работы, свиде-

тельствуют о положительной корреляции между распределением *Arcella megastoma* и *Lesquereusia spiralis* и pH воды. В настоящее время количество работ, посвященных изучению биологии и экологического распределения отдельных видов раковинных амёб, их связи с факторами среды, крайне ограничено, так что требуется проведение дальнейших исследований в этом направлении.

Таким образом, фауна раковинных амёб Вьетнама всё ещё мало изучена. Получены первые результаты изучения разнообразия раковинных амёб реки Коко. В 28 отобранных пробах идентифицировано 55 видов и подвидов раковинных амёб, относящихся к 9 родам и 6 семействам. Для реки Коко количество определенных видов раковинных амёб в планктоне заметно выше, чем в бентосе. *Centropyxis aculeata*, *Netzelia wailesi*, *Diffugia acuminata*, *Arcella discoides scutelliformis* и *Lesquereusia modesta* являются наиболее распространенными видами в изучаемой реке. Было показано, что родами с самыми высокими количествами видов являются *Diffugia* (25 видов), *Arcella* (12), *Centropyxis* (5) и *Netzelia* (4). Кривая накопления видов раковинных амёб реки Коко описывается уравнением $y = 12,56N^{0,46}$. Данная кривая не насыщена и увеличение количества проанализированных проб приведет к обнаружению новых видов для изучаемого водоема. Среднее видовое богатство раковинных амёб реки Коко в пробе планктона статистически выше, чем в донной пробе. Результат изучения связи между сообществами раковинных амёб и гидрохимическими показателями воды с использованием анализа избыточности показывает, что изучаемые абиотические параметры объясняют лишь 31,6% вариации разнообразия раковинных амёб.

Автор выражает благодарность к.б.н. Д.В. Тихоненкову за помощь и ценные советы при подготовке статьи. Данная работа профинансирована Совместным Российско-Вьетнамским Тропическим научно-исследовательским и технологическим центром (грант № 275/QĐ-CNVB).

Исследования выполнены без использования животных и без привлечения людей в качестве испытуемых. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gilbert D., Amblard C., Bourdier G., Francez A.J. The microbial loop at the surface of a peatland: structure, function, and impact of nutrient input // Microb. Ecol. 1998. Vol. 35. N 1. P. 83–93.
2. Mieczan T., Tarkowska-Kukuryk M. Diurnal dynamics of the microbial loop in peatlands: structure, function and relationship to environmental parameters // Hydrobiologia. 2013. Vol. 717. N 1.

P. 189–201.

3. *Payne R.J.* Seven reasons why protists make useful bioindicators // *Acta Protozool.* 2013. Vol. 52. N 3. P. 105–113.

4. *Marcisz K., Colombaroli D., Jassey V.E.J., Tinner W., P. Kołaczek P., Gałka M., Karpińska-Kołaczek M., Słowiński M., Lamentowicz M.* A novel testate amoebae trait-based approach to infer environmental disturbance in *Sphagnum* peatlands // *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6: 33907. DOI: 10.1038/srep33907.

5. *Tsyganov A.N., Babeshko K.V., Novenko E.Yu., Malysheva E.A., Payne R.J., Mazei Yu.A.* Quantitative reconstruction of peatland hydrological regime with fossil testate amoebae communities // *Russ. J. Ecol.* 2017. Vol. 48. N 2. P. 191–198.

6. *Seppey C.V.W., Fournier B., Szelecz I., Singer D., Mitchell E.A.D., Lara E.* Response of forest soil euglyphid testate amoebae (Rhizaria: Cercozoa) to pig cadavers assessed by high-throughput sequencing // *Int. J. Legal Med.* 2016. Vol. 130. N 2. P. 551–562.

7. *Swindles G.T., Ruffell A.* A preliminary investigation into the use of testate amoebae for the discrimination of forensic soil samples // *Sci. Justice.* 2009. Vol. 49. N 3. P. 182–190.

8. *Szelecz I., Fournier B., Seppey C., Amendt J., Mitchell E.* Can soil testate amoebae be used for estimating the time since death? A field experiment in a deciduous forest // *Forensic Sci. Int.* 2013. Vol. 236. P. 90–98.

9. *Balik V.* Testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) from a primary mountain rain forest in the Tam-Dao region (Vietnam) // *Acta Soc. Zool. Bohem.* 1995. Vol. 59. N 1. P. 1–16.

10. *Bobrov A.A., Mazei Y.A., Tiunov A.V.* Testate amoebae of a monsoon tropical forest of South Vietnam // *Acta Protozool.* 2010. Vol. 49. N 4. P. 311–325.

11. *Golemansky V.* Thécamoebiens psammobiontes du supralittoral vietnamien de la Mer Chinoise et description de *Cryptodiffugia brevicolla* sp. n. (Rhizopoda: Arcellinida) // *Acta Protozool.* 1979. Vol. 18. N 2. P. 285–292.

12. *Nguyen V.H., Bernard N., Mitchell E.A.D., Cortet J., Badot P.M., Gilbert D.* Relationship between testate amoeba (Protist) communities and atmospheric heavy metals accumulated in *Barbula indica* (Bryophyta) in Vietnam // *Microb. Ecol.* 2007. Vol. 53. N 1. P. 53–65.

13. *Shirota A.* The plankton of South Viet-Nam: Fresh water and marine plankton. Overseas Technical Cooperation Agency, 1966. 506 pp.

14. *Tran Q.H.* Diversity and community patterns of testate amoebae in Bau Sen and Bau Trang Lakes in Binh Thuan Province, Vietnam // *Inland Water Biol.* 2017. Vol. 10. N 1. P. 1–7.

15. *Kudo R.R.* Protozoology. Handbook of protozoology. Springfield; Baltimore: Charles C. Thomas Publ., 1939. 982 pp.

16. *Charman D.J., Hendonand D., Woodland W.A.* The identification of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in peats. QRA Technical Guide No. 9. London: Quaternary Research Association, 2000. 147 pp.

17. *Мазей Ю.А., Цыганов А.Н.* Пресноводные раковинные амебы. Москва: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. 304 с.

18. Экология внутренних вод Вьетнама / Под ред. Д.С. Павлова и Д.Д. Зворыкина. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2014. 432 с.

19. *Snegovaya N., Alekperov I.* Fauna of testate amoebae of western Azerbaijan rivers // *Protistology.* 2005. Vol. 4. N 2. P. 149–183.

20. *Holcova K.* Thecamoebians from the Upper Vltava river (Šumava mountains, Czech republic): species composition of assemblages vs. environment in streams // *J. Foramin. Res.* 2007. Vol. 37. N 4. P. 287–299.

21. *Мазей Ю.А., Цыганов А.Н.* Раковинные амебы в водных экосистемах поймы реки Суры (Среднее Поволжье). 1. Фауна и морфоэкологические особенности видов // *Зоол. журн.* 2006. Т. 85. № 11. С. 1267–1280.

22. *Alves G.M., Velho L.F.M., Simões N.R., Lansac-Tôha F.A.* Biodiversity of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats of a lake in the Upper Paraná River floodplain // *Eur. J. Protistol.* 2010. Vol. 46. N 4. P. 310–318.

23. *Farooqui A.* Fresh water thecamoebians: ecological indicators of seasonally induced hydrological changes in lakes // *Экол. ноосферол.* 2009. Т. 20. № 3–4. С. 117–123.

24. *Lamentowicz L., Gabka M., Rusinska A., Sobczynski T., Owsianny P.M., Lamentowicz M.* Testate amoeba (Arcellinida, Euglyphida) ecology along a poor-rich gradient in fens of Western Poland // *Int. Rev. Hydrobiol.* 2011. Vol. 96. N 4. P. 356–380.

Поступила в редакцию 06.07.2019 г.

После доработки 09.09.2019 г.

Принята в печать 17.09.2019 г.

RESEARCH ARTICLE

THE FIRST DATA ON THE TESTATE AMOEBAE OF THE COCO RIVER IN THE PROVINCES OF QUANGNAM AND DANANG, VIETNAM

Q.H. Tran

*Joint Russian-Vietnamese Tropical Research and Technological Center, 63 Nguyen Van Huyen,
Nghia Do, Cau Giay, Ha Noi, Viet Nam
e-mail: hoantran2985@gmail.com*

First data on the species diversity of testate amoebae of the Coco River in the provinces of Quangnam and Danang (Vietnam) was presented. A total of 55 species and subspecies of testate amoebae belonging to 9 genera and 6 families were identified from 28 samples. Species diversity of testate amoebae of plankton was higher than the bottom samples. The highest frequency of occurrence being of *Centropyxis aculeata* (64.3%), *Netzelia walesi* (39.3%), *Diffugia acuminata* (32.1%), *Arcella discoides scutelliformis* (28.6%) and *Lesquereusia modesta* (28.6%). The most species-rich genera are *Diffugia* (25), *Arcella* (12), *Centropyxis* (5) and *Netzelia* (4). The species accumulation curve based on the entire dataset was unsaturated and described by the equation $y = 12.56N^{0.46}$. The average species richness of testate amoebae per sample in plankton (13.0 ± 3.1) is statistically higher than in the bottom samples (1.8 ± 1.5) ($p < 0.001$). The result of the redundancy analysis shows that the studied hydrochemical water characteristics (temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity and salinity) explained only 31.6% of the variation of testate amoeba diversity, wherein the first and second axes explained 11% and 10.2% of this variation, respectively.

Keywords: *Testate amoebae, species diversity, Coco River, Quangnam, Danang, the redundancy analysis*

Сведения об авторе

Чан Куок Хоан — канд. биол. наук, науч. сотр. Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра. Тел.: +8-439-864-62-67;
e-mail: hoantran2985@gmail.com