

INTERACTION BETWEEN WATER AND LIVING MATTER

Proceeding
of the International Symposium

Odessa, 6–10 October, 1975

Volume II



PUBLISHING HOUSE «NAUKA»

MOSKOW, 1979

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ВОДОЙ И ЖИВЫМ ВЕЩЕСТВОМ

Труды
Международного симпозиума

Одесса, 6–10 октября 1975 г.

Том II



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА, 1979

Два тома содержат Труды Международного симпозиума по актуальным проблемам взаимодействия между водой и живым веществом, который состоялся 6–10 октября 1975 г. в г. Одессе. В них анализируется геохимическое воздействие гидробионтов на среду обитания, дана оценка техногенного загрязнения, способности водоемов к самоочищению, роли биогеохемогенных процессов в формировании полезных ископаемых.

Редакционная коллегия:

Е.В. Краснов (председатель), *Ю.П. Зайцев* (зам. председателя),
К.М. Хайлов (зам. председателя), *Т.М. Удельнова* (ученый секретарь),
В.И. Беляев, *Е.А. Бойченко*, *М.Г. Валяшко*, *И.М. Варенцов*, *В.Н. Грезе*,
Л.Г. Кулебакина, *Г.Г. Поликарпов*, *В.Н. Сойфер*

The issue of two volumes comprise Proceedings of the International Symposium on actual problems of interaction between water and living matter, which took place in Odessa October 6–10, 1975. The papers presented deal with a geochemical effect of hyrobionts upon their environment, evaluation of the industrial pollution, capacity of water basins for self-purifications, the role of biogeochemogenous processes in formation of useful minerals.

Editorial Board:

E. V. Krasnov (Editor-in-Chief), *Ju. P. Zajtsev* (Assistant Chief),
K. M. Khajlov (Assistant Chief), *T. M. Udelnova* (Scientific Secretary),
V. I. Belyaev, *E. A. Boichenko*, *M. G. Valvashko*, *I. M. Varentsov*, *V. N. Greze*,
L. G. Kulebakina, *G. G. Polikarpov*, *V. N. Sojfer*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ВОДОЙ И ЖИВЫМ ВЕЩЕСТВОМ

Т о м II

Утверждено к печати Национальным комитетом геологов СССР

Редактор *М.В. Розанов*. Редактор издательства *Т.Б. Гришина*
Художественный редактор *С.А. Литвак*. Технический редактор *Л.В. Русская*
ИБ № 16099

Подписано к печати 14.05.79. Т—01734, Формат 60 x 90 1/16. Бум. офс. № 1
Усл.печ.л. 13,5. Уч.—изд.л. 15,5. Тираж 1250 экз. Тип. зак. 536. Цена 2 р. 50 к.

Книга издана офсетным способом

Издательство "Наука", 117864 ГСП—7, Москва В—485, Профсоюзная ул., д. 90;
Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука",
199034, Ленинград, В—34, 9-я линия, 12

ОБОГАЩЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД ПРОДУКТАМИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ В ВОДОЕМАХ

С.С. ШВАРЦ, О.А. ПЯСТОЛОВА

СССР

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

На основе экспериментов, проведенных на личинках земноводных, комаров и рыбах, исследовано влияние "воды скоплений", содержащей продукты метаболизма животных, на скорость их роста, развития и морфогенетические реакции. Установлена высокая специфичность действия экзозимов. Особо отмечается их влияние на скорость клеточной пролиферации и размеры клеток.

Работами зоологов — экспериментаторов показано, что вода, в которой развивались личинки амфибий в условиях повышенной плотности, ингибирует их рост и развитие. Природа активного начала "воды скоплений" (ВС) и диапазон его действия изучены не были.

Мы заинтересовались природой ВС в связи с некоторыми вопросами эволюционной экологии, которые разрабатываются в нашей лаборатории уже более 20 лет. В дальнейшем, однако, эта проблема оформилась в самостоятельное направление исследований. Первоначально мы видели свою задачу в том, чтобы определить специфичность действия содержащихся в ВС веществ, обладающих биологической активностью. На первом этапе работы природа этих веществ нас специально не интересовала.

Естественно, что начать необходимо было с проверки биологической активности ВС. На личинках остромордой лягушки было установлено, что содержание продуктов метаболизма организмов в условиях повышенной плотности популяции или в воде, в которой ранее содержались животные в условиях повышенной плотности ВС, тормозит рост и развитие.

Всего поставлено 25 серий опытов на 12 видах земноводных и 4 видах комаров. Некоторые дополнительные опыты ставили на рыбах. Принципиальные выводы исследований подтверждены опытами на бактериях И.И. Вайсманом и Р.А. Пшеничным. В экспериментах мы использовали свыше 23500 животных. Результаты подвергались статистической обработке. Здесь приводим лишь результаты экспериментов, обладающих достоверностью более 90%.

Убедившись, что применяемая методика позволяет с большой точностью фиксировать биологическую активность ВС, приступили к экспе-

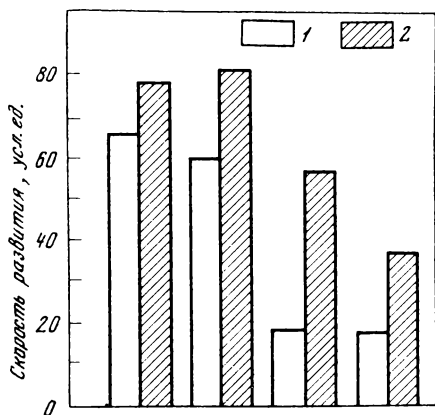


Рис. 1

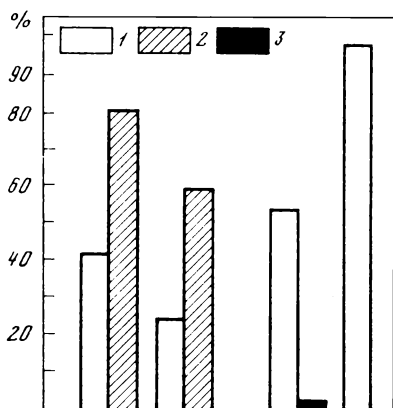


Рис. 3

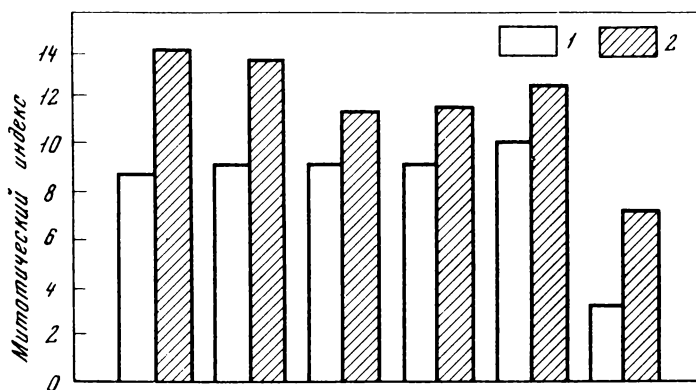


Рис. 2

Рис. 1. Скорость развития личинок амфибий различных видов в "воде скоплений" "своей" (1) и "чужой" (2) кладок

Рис. 2. Митотический индекс роговицы глаза личинок различных видов амфибий 31-й стадии развития в экспериментальных популяциях разной плотности
1 — одна личинка, 2 — десять личинок

Рис. 3. Головастики, %, завершившие регенерацию
1 — за контрольный период в чистой воде, 2 — в "воде скоплений", 3 — в воде с добавлением молока

рименту. В ВС, в которой развивались личинки определенной кладки, поместили младшие по физиологическому возрасту личинки той же кладки и другой кладки из той же популяции. Мы имели возможность изучить характер действия ВС в зависимости от степени генетической близости доноров ВС и реципиентов. Результаты опытов (рис. 1) показывают, что на эволюционном уровне дает себя знать известный принцип гистологов — "подобное ингибирует подобное". Более сильное действие ВС на "свои", чем на "чужие" личинки, гарантирует высокую генетическую разнород-

ность популяции в самых неблагоприятных условиях среды. Так как первоначальное исследование планировалось в чисто экологическом плане, то мы могли считать нашу задачу выполненной. Однако к этому времени накопился материал, показывающий, что биологическое действие ВС отнюдь не сводится к ингибированию.

В определенных условиях повышение плотности популяции (500 личинок в 5 л) или использование ВС не ингибируют, а резко ускоряют развитие. При этом метаморфоз личинок заканчивается в рекордно короткие сроки (27–30) дней, но при значительно меньших, чем в контроле, размерах тела (в среднем масса равна 104 мг, минимальная – 74 мг). Физиологически младшие (мелкие) личинки ускоряют развитие старших, старшие (крупные) сдерживают рост и развитие младших.

Таким образом, было установлено, что активное начало ВС – регулятор скорости и развития животных, обладающих высшей степенью специфичности. Развитие животных в ВС стимулирует их обмен веществ и увеличивает скорость деления клеток (рис. 2), существенно влияет на размеры клеток отдельных тканей. Очень ярким отражением этих процессов является влияние ВС на скорость процесса регенерации (рис. 3). Именно опыты по регенерации заставили расширить круг исследований, так как стало ясно, что мы столкнулись с новым и, на наш взгляд, крайне важным явлением.

Наконец, необходимо было выяснить, в силу каких причин ВС обладает своими уникальными свойствами: большей концентрации активных веществ, которые выделяются и при “нормальной” плотности, или специфичности воды, в которой развивалась популяция высокой плотности. На этот вопрос дали ясный ответ опыты на личинках комаров (рис. 4). При равной концентрации ВС полностью проявляет свои биологические свойства.

Изучение влияния ВС на уровень тканевого дыхания (работа проводилась группой Г.Г. Рунковой) показало, что ВС регулирует дыхание гомогенатов тканей отдельных органов. Специфичность действия ВС в зависимости от генетических взаимоотношений доноров и реципиентов, а также стадии их развития в этих опытах выявились с полной определенностью: старшие ингибируют младших, младшие стимулируют старших. Как и следовало ожидать, различные системы органов реагируют на ВС специфически. Морфогенетический эффект действия ВС получил прямое подтверждение.

На этой стадии работы были получены данные, что активным началом ВС являются продукты обмена веществ животных (метаболиты). Для проверки этого предположения использовали несколько методов. Простейший из них – внесение в ВС трипсина, действие которого полностью снимало активность ВС. Более тонкий метод заключался в следующем. Сефадексом Г-25 извлекались белки (молекулярный вес до 5000), ВС теряла биологическую активность; абсорбированные белки вновь вводились в среду – активность ВС восстанавливалась. При помощи аминокислотного анализатора был определен состав гидролизата ВС. Видоспецифичность его действия подкреплялась различиями состава гидролизата

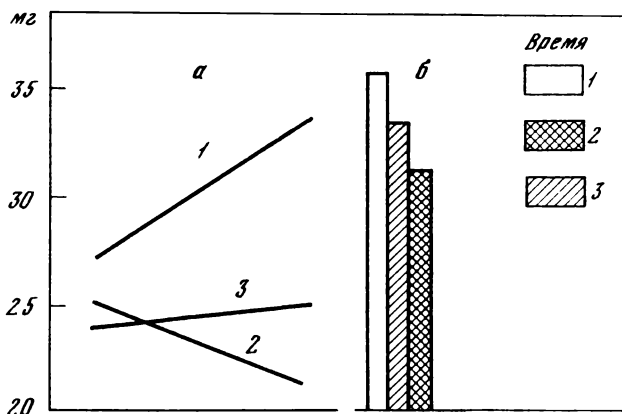


Рис. 4. Рост личинок (а) и вес куколок (б)
1 – контроль; 2 – "вода скоплений", 3 – разведенная "вода скоплений"

ВС сравниваемых форм. В полном соответствии с представлением, согласно которому активное начало ВС – это продукты обмена веществ, было установлено, что по мере развития личинок, состав гидролизата ВС существенно изменяется (таблица). Биологически активные экзосметаболиты являются белками, однако и участие низкомолекулярных веществ в регуляции популяционных процессов не исключается.

Основные выводы проведенного исследования подтвердились при изучении популяций личинок земноводных в природе. Совместно с сотрудниками Института математики и механики УНЦ АН СССР наблюдавшиеся популяционные явления моделировались на ЭВМ. Согласно оценкам модели, одни генетические варианты должны изначально обладать большей чувствительностью к метаболитам, чем другие.

Общая интерпретация полученных данных сводится к следующему. Экзосметаболиты создают тот химический фон, который регулирует развитие популяции, рост, развитие и морфогенетические реакции составляющих популяцию животных. Эту часть выводов мы формулируем с полной уверенностью, так как можем обосновать ее разнообразным материалом.

Чем объясняется морфогенетический эффект ВС? Развитие животных подчинено метаболическим сигналам, поступающим во внутреннюю среду организма. Это заключение современной функциональной эмбриологии твердо установлено. Можно предположить, что непрерывное поступление воды в организм приводит к тому, что экзосметаболиты воспринимаются организмом как свои и оказывают тот же морфогенетический эффект, что и внутритканевые метаболиты. Это предположение объясняет экспериментальные факты, но крайне ответственно и поэтому подлежит тщательной экспериментальной проверке. Если оно подтвердится, то весь цикл проведенных исследований нацеливается на управление не только популяционными процессами, но и процессами роста тканей, в том числе и неконтролируемого.

Содержание аминокислот в гидролизате белков "воды скоплений", % к сумме

Аминокислота	Вид лягушек				
	1	2	3	1	2
Лизин	8,9±0,3	7,2±0,3	8,0±0,5	8,9±0,1	8,7±0,4
Гистидин	2,6±0,2	2,3±0,1	2,5±0,2	2,6±0,1	2,6±0,2
Аргинин	5,4±0,2	5,0±0,2	5,2±0,4	5,6±0,3	5,8±0,1
Аспарагиновая	11,0±0,3	12,6±0,2	10,8±0,3	11,1±0,4	11,7±0,4
Треонин	8,0±0,1	8,7±0,3	7,4±0,3	7,5±0,4	7,5±0,1
Серин	5,5±0,2	6,0±0,2	5,8±0,1	5,5±0,4	5,4±0,2
Глутаминовая	11,0±0,2	12,3±0,2	10,9±0,3	10,7±0,3	12,4±0,1
Пролин	5,2±0,3	4,2±0,2	6,2±0,4	5,1±0,4	3,9±0,1
Глицин	7,2±0,2	6,6±0,1	6,5±0,1	7,0±0,1	6,9±0,3
Аланин	8,2±0,2	7,3±0,1	7,7±0,2	8,0±0,1	8,1±0,2
Валин	6,1±0,1	5,8±0,3	6,0±0,4	5,8±0,2	5,8±0,1
Метионин	0,6±0,1	1,2±0,1	1,0±0,1	0,6±0,1	0,8±0,1
Изолейцин	4,4±0,1	4,8±0,2	5,0±0,3	4,2±0,1	4,3±0,2
Лейцин	7,5±0,2	7,3±0,3	7,1±0,5	7,3±0,1	7,5±0,2
Тирозин	3,1±0,1	3,3±0,1	4,0±0,2	3,0±0,1	3,6±0,3
Фенилаланин	5,4±0,2	5,3±0,2	5,1±0,2	4,9±0,3	4,5±0,2

Пр и м е ч а н и е. Стадии (в М ± m): 1 – 26; 2 – 27; 3 – 28.

В лабораторных условиях мы уже сейчас можем управлять развитием популяции, получать животных, размеры которых выходят за рамки их естественной изменчивости, развивающихся медленно или быстро, отличающихся интенсивностью метаболизма, размерами клеток, скоростью клеточного деления, длиной кишечника, степенью окостенения скелета, развитием костного мозга, характером эритропоэза.

Использование метаболической регуляции, абсолютно безопасной для популяционных процессов, открыло бы принципиально новые возможности регуляции численности вредителей в природе и позволило бы освободиться от химической борьбы. Для оценки реальности подобной постановки вопроса была проведена лиофильная сушка ВС. Полученный лиофилизат растворялся в воде, которая приобретала после этого все свойства ВС.

Физиологические особенности "загущенных" и "нормальных" животных определяют их различную чувствительность к ядам. Оптимальная дозировка ядохимикатов позволит снизить опасность загрязнения среды. Знание законов химической регуляции роста организма имеет важное значение и в рыбоводстве для получения максимума продукции с минимальной площади. Опыты, проведенные на одном рыбозаводе, показали, что максимальную продукцию удается получить при максимальном разнородным посадочном материале. Структура популяции рыб, в частности их размерных групп определяется химическим фоном, в формировании которого ведущую роль играют самые крупные особи. Оказалось, если самых крупных рыб периодически отлавливать, это вызывает

3	Критерии достоверности различий (t) в интервалах								
	1-2	2-3	1-3	4-5	5-6	4-6	1-4	2-5	3-6
10,4±0,5	3,7	1,4	1,7	0,4	2,4	3,7	0,0	3,1	3,6
2,5±0,3	1,1	0,9	0,3	0,0	0,3	0,4	0,0	1,4	0,0
6,6±0,3	1,5	0,4	0,5	0,6	2,6	2,1	0,7	4,0	2,6
9,0±0,5	4,1	5,0	0,4	1,1	4,8	3,5	0,2	2,2	3,5
7,3±0,5	2,9	3,3	2,3	0,0	0,4	0,3	1,5	3,9	0,2
5,2±0,2	1,7	0,8	1,1	0,2	0,7	0,7	0,0	2,1	2,9
11,4±0,4	4,6	3,5	0,3	4,9	2,6	1,4	1,0	0,4	1,0
5,7±0,3	2,4	5,3	2,2	2,6	7,5	1,1	0,2	1,3	1,2
6,3±0,2	2,4	0,6	3,2	0,4	1,6	3,2	1,2	1,0	1,3
7,9±0,4	3,7	1,6	1,8	0,5	0,5	0,3	1,1	3,3	0,5
5,5±0,3	1,0	0,4	0,3	0,0	1,0	0,9	1,4	0,0	1,0
1,9±0,1	3,5	1,1	2,7	1,4	5,8	7,7	0,0	2,1	3,9
5,0±0,3	2,0	0,8	3,2	0,6	2,0	2,7	1,5	2,0	0,0
8,3±0,1	0,5	0,4	0,9	0,8	3,1	6,3	0,8	0,6	2,4
4,1±0,2	1,3	2,8	4,7	2,2	1,4	5,2	0,9	1,0	0,3
4,4±0,3	0,4	0,7	1,2	1,1	0,3	1,2	1,8	3,1	2,1

усиленный рост следующей за ними размерной группы и структура популяции очень быстро восстанавливается. Четырехкратный облов подопытного пруда не повлиял на его рыбопродукцию.

В ближайшие годы главное внимание следует уделить изучению некоторых недостаточно ясных теоретических вопросов рассмотренной проблемы.

S.S. Schwarz, O.A. Pyastolova

THE INFLUENCE OF EXOMETABOLITES ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE FRESHWATER ORGANISMS

Summary

The influence of crowd water, containing animal metabolites, on their growth rates and morphogenetic responses was investigated on the basis of experiments carried out on amphibian larvae, mosquitos and fishes. The highly specific action of exometabolites, and a great variety of morphological peculiarities has been observed. A special note is made on the exometabolite influence on the cell proliferation rate and cell sizes. The specificity of action is supported by biochemical investigation.