

A
47

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР
Объединенный ученый совет институтов зоологии и экспериментальной
биологии АН КазССР

На правах рукописи

ИЛЯЛЕТДИНОВА САЖИДА ГАЛИУЛОВНА
ТОКСИЧНЫЕ ВИДЫ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ
ВОДОРΟΣЛЕЙ В БОРЬБЕ С ЛИЧИНКАМИ
КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ НА
ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА.

(03.00.19 — паразитология)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

АЛМА-АТА — 1978

Глубокоуважаемому...

Фазулу Мухамедгалиевичу

от автора

18. XII. 1974г.

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР
ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ ИНСТИТУТОВ ЗООЛОГИИ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ АН КАЗССР

На правах рукописи

Илялетдинова Сажида Галиуловна

ТОКСИЧНЫЕ ВИДЫ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В БОРЬБЕ
С ЛИЧИНКАМИ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ
КАЗАХСТАНА

(03. 00.19 - паразитология)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель -
доктор биологических наук,
профессор А.М.Дубицкий

Научные консультанты -
кандидаты биологических наук
В.М.Обухова, М.М.Телитченко

Алма-Ата - 1975

Работа выполнена в Институте зоологии Академии наук Казахской ССР.

Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор А.М.Дубицкий.

Научные консультанты – кандидаты биологических наук В.М.Обухова, М.М.Телитченко.

Ведущее учреждение – Институт биологии АН Киргизской ССР.

Официальные оппоненты:

1. Доктор биологических наук, профессор В.В. Шевченко
2. Кандидат биологических наук Л.О. Пичкилы

Защита диссертации состоится на заседании Объединенного Ученого Совета Институтов зоологии и экспериментальной биологии Академии наук Казахской ССР *10 января* 1975 года

Автореферат разослан *30 ноября* 1974 года

Отзывы и замечания просим направлять по адресу: 480072, г. Алма-Ата, проспект Абая 38, Институт экспериментальной биологии АН КазССР, ученому секретарю Совета.

Ученый секретарь Совета
доктор биологических наук,
профессор

А.М.МУРЗАМАДИЕВ

В В Е Д Е Н И Е

Комары, как наиболее массовые представители гнуса, в огромных количествах обитают в густонаселенных районах орошаемой и обводненной зоны Казахстана, мешают людям нормально работать и отдыхать, снижают продуктивность сельскохозяйственных животных, переносят различные заболевания.

В связи с общей тенденцией к сокращению применения химических средств борьбы все большее значение приобретают разработки биологических приемов регулирования численности комаров в водоемах. В этом отношении большой интерес представляет создание условий, препятствующих нормальной жизнедеятельности преимагинальных фаз развития комаров. Одним из таких методов является использование неблагоприятных для личинок комаров растительных ассоциаций. Учитывая способность отдельных видов сине-зеленых водорослей продуцировать токсины, мы решили проверить возможность их использования для снижения численности личинок комаров в местах массового выплода. Впервые попытку применить сине-зеленые водоросли для борьбы с кровососущими комарами предприняли Griffen, Rees (1955-1956), Gerhardt (1957). В то время в Калифорнии, в США, заметили, что на рисовых чеках с обильным развитием *Anabaena spirroga* и *Anabaena variabilis* практически не содержится личинок комаров.

Перед нами стояли задачи: 1) обнаружить в местах массового выплода комаров виды сине-зеленых водорослей, способные понижать численность личинок кровососов в естественных условиях до практически неощутимых пределов; 2) выделить среди сине-зеленых водорослей токсичные для личинок кровососущих комаров виды; 3) определить диапазон токсического воздействия выделенных видов и установить зависимость их действия от биотических и абиотических факторов; 4) установить сте-

пень вредоносности видов сине-зеленых водорослей в применяемых концентрациях для других, обычных в этих участках гидробионтов; 5) провести полисезонные наблюдения за благоприятными условиями развития водорослей и разработать рекомендации по их практическому использованию в борьбе с комарами.

Считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность моему научному руководителю доктору биологических наук, профессору А.М.Дубицкому, научным консультантам кандидатам биологических наук В.М.Обуховой и М.М.Теличенко, сотрудникам лаборатории биометодов борьбы с гнусом Института зоологии АН КазССР за руководство, ценные советы и помощь, оказанные при выполнении настоящей работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу работы были взяты результаты четырехлетних (1970-1973 гг.) исследований по выявлению токсичных видов сине-зеленых водорослей, губительно действующих на личинок кровососущих комаров, а также других представителей водной фауны, которые часто встречаются в водоемах Казахстана.

Первый этап носил поисковый характер. В летние месяцы 1969-1970 гг. из некоторых водоемов Алма-Атинской и Талды-Курганской областей были отобраны пробы воды с сине-зелеными водорослями.

На втором этапе проводились исследования по получению альгологически чистых культур и затем выявлению среди них наиболее токсичных видов по отношению к личинкам кровососущих комаров. Тест-объектами служили личинки кровососущих комаров: *Aedes aegypti* (лабораторный штамм), *Aedes caspius*, *Culex pipiens* и *Culiseta longiareolata* (естественные популяции). Кроме того были испытаны другие гидробионты, которые наиболее часто встречаются в водоемах. Это *Copepoda*, *Cladocera*, личинки *Tendipedidae* и *Odonata*, а также рыбы - *Aploccheilus* sp. - икра, 2-3-дневные личинки, 20-дневные мальки и

взрослые. В лабораторные опыты бралось по 25, 50 и 100 личинок, в полупроизводственные - по 100, 150, 200 и 250 особей, разделенных по стадиям развития. Контролем в лабораторных экспериментах служили те же среды, на которых выращивали водоросли, а в условиях, близких к естественным, - отдельный водоем с водой без водорослей.

Водоросли выращивали в люминистате, круглосуточно освещенном лампами дневного света интенсивностью 12 000-16 000 люкс; часть опытов ставилась при дневном освещении. Наиболее благоприятными для выращивания и накопления большой массы культур *N.fontinalis f.tenuissimus* и *A.variabilis* были среды Гусева и Таха, а для *A.oscillarioides f.turkestanica* - среда Таха (Гусев, 1962; Таха, 1963). Оптимальная температура для выращивания *N.fontinalis f.tenuissimus* и *A.variabilis* - 25-30, а для *A.oscillarioides f.turkestanica* - 20-25°. Значение pH питательной среды поддерживали на уровне 7,5-8.

При проверке токсичности водорослей в лабораторных условиях культуральную жидкость переливали в кристаллизаторы объемом 1, 2,5-3 л в зависимости от поставленной задачи. В кристаллизаторы помещали испытуемых гидробионтов одного вида и одной стадии развития. Биомассу водорослей в лабораторных опытах определяли по их сухому весу в 10 мл культуральной среды в трех повторностях, а затем пересчитывали на литр. При проведении опытов в полупроизводственных условиях биомассу водорослей определяли в одном литре среды в трех повторностях и за истину брали среднюю.

Полупроизводственную проверку губительного действия сине-зеленых водорослей на личинок кровососущих комаров проводили в экспериментальных водоемах (ямах-копанках) площадью 1 м² и глубиной 0,5 м. Стенки и дно водоемов выстланы полиэтиленовой пленкой. Водоемы на 20-30 см заливали водопроводной водой и заселяли испытываемыми видами водоросли.

Учитывая трудность отлова и подсчета подсаженных в экспериментальный водоем гидробионтов, мы разработали методику содержания опытных гидробионтов в изолированных участках водоема. Для этого использовали садки из крупноячеистого шелкового сита № 170 и мельничного газа № 40, прикрепленных к кольцам из пенопласта. За счет свободного проникновения окрестной крупноячеистой стенки воды с водорослями внутри плавающих садков содержалось такое же количество водорослей, как и в остальной части водоема для гомогенных культур *A. oscillarioides f. turkestanica*, *A. variabilis* и *M. aeruginosa*. В случае *N. fontinalis f. tenuissimus*, которая образует дерновинки, в основном находящиеся на дне водоема, или плавающие шапки на поверхности воды, производили взмучивание для получения равномерной суспензии, зачерпывая садком воду с водорослями, а затем подсаживали в садки гидробионтов. Подсчет производили путем изъятия садков и погружения их в кристаллизатор с чистой водой.

Параллельно с искусственным внесением гидробионтов в садки проводились наблюдения за естественным заселением водоемов личинками кровососущих и некровососущих комаров. Для этого периодически, через 10 дней, брали пробу сачком диаметром 20 см для учета численности личинок (Дубицкий с соавт., 1971). На поверхности воды в водоемах как с водорослями, так и без них (контроль) находили кладки (яйца) кровососущих комаров *Cx. pipiens*, а позднее и *Cs. longiareolata*. Каждая из кладок обычно состояла из 250-300 яиц.

Наблюдения за сезонностью развития сине-зеленых водорослей проводились в течение всего теплого периода года. Опыты в водоемах начинали с июля, когда сине-зеленые водоросли доминировали по сравнению с другими видами и устанавливалась относительно жаркая погода, и завершали в первых числах октября.

ВИДОВОЙ СОСТАВ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В МЕСТАХ ОБИТАНИЯ
КРОВООСУЩИХ КОМАРОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА

Из проб воды, отобранных в местах обитания личинок кровососущих комаров, были выделены сине-зеленые водоросли. В дальнейшем они очищались и доводились до альгологически чистых культур. Всего было получено 12 видов чистых культур сине-зеленых водорослей:

Navalosiphon fontinalis (Ag.) Born. emend. Elenk. f. *tenuissimus* (Grun.) Coll. et Setch.,

Amorphonostoc punctiforme (Kutz.) Elenk.,

Gomphosphaeria aponina Kutz.,

Anabaena variabilis Kutz.,

Anabaena sphaerica Born. et Flah.,

Anabaena oscillarioides Bory f. *turkestanica* (Kissel.) Elenk.,

Pseudanabaena galeata Bocher.,

Oscillatoria amphibia Ag. f. *tenuis* (Anissim.) Elenk.,

Oscillatoria splendida Grev.,

Spirulina Jenneri (Nass.) Kutz.,

Plectonema nostocorum Born.,

Calothrix sp.

Определив оптимальные условия для получения достаточной биомассы водорослей в лабораторных условиях, мы начали ориентировочную проверку их на токсичность по отношению к личинкам кровососущих комаров. После трехкратных опытов со всеми выделенными культурами было установлено, что наиболее токсичными являются три: *N. fontinalis* f. *tenuissimus*, *A. variabilis* и *A. oscillarioides* f. *turkestanica*. Культура *M. aeruginosa*, взятая из водоема, полностью подавляла жизнедеятельность личинок кровососущих комаров.

Три первых вида очищались до альгологически чистой культуры и выращивались на искусственной питательной среде. Для *M. aeruginosa* не смогли подобрать искусственную питательную среду, поэтому в опы-

тах использовали биомассу водорослей, доставленную из Алма-Атинского прудового хозяйства, где она в летние месяцы представляла монокультуру. Отметим, что некоторую токсичность по отношению к личинкам комаров проявили: *A.sphaerica*, *O.splendida*, *P.novosocorum* и *A.punctiforme*, но их действие было значительно слабее, отмеченных выше четырех видов. С культурой *N.fontinalis f.tenuissimus* ставилось наибольшее число опытов - 64, с *M.aeruginosa* - 27, *A.oscillarioides f.turkestanica* - 20 и *A.variabilis* - 18.

ТОКСИЧНОСТЬ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРосЛЕЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К ЛИЧИНКАМ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ И НЕКОТОРЫМ ГИДРОБИОНТАМ

Лабораторные исследования. Первоначальные наблюдения за действием четырех видов сине-зеленых водорослей на личинок кровососущих комаров проводились в лабораторных условиях. В качестве тест-организмов брались личинки *Culex pipiens* и *Culiseta longiareola*^{1a} выловленные из открытых водоемов, и *Aedes aegypti* - лабораторный штамм.

Примечательно, что реакция личинок разных возрастов на токсины водорослей была неравнозначной (табл. I). Личинки I стадии развития как внесенные отловом, так и вышедшие из кладок, практически полностью погибали в культуре всех четырех видов сине-зеленых водорослей, II стадия также погибала в большом количестве (80-100%). С увеличением возраста личинок росла их устойчивость к токсинам водорослей. Среди личинок III стадии развития смертность в ряде случаев снижалась до 20-50%, хотя в культуре *N.fontinalis f.tenuissimus* еще отмечался высокий процент их гибели - 80 и более. Личинки IV стадии в культуре двух видов *Anabaena* не погибали, а в среде с *N.fontinalis f.tenuissimus* и *M.aeruginosa* процент их гибели был очень низким. Ни в одном случае не наблюдалось гибели среди куколок.

Из четырех испытанных видов водорослей по их токсическому воз-

Таблица I

Показатели гибели личинок кровососущих комаров в культуре сине-зеленых водорослей
в лабораторных условиях, %

		Культура водорослей			
Стадия личинок	Вариант эксперимента	<i>H. fontinalis</i> f. <i>tenuissimus</i>	<i>A. variabilis</i>	<i>A. oscillarioides</i> f. <i>turkestanica</i>	<i>M. aeruginosa</i>
<u><i>Culex pipiens</i></u>					
Кладки	Опыт	100	100	100	100
	Контроль	0	0	0	0
I	Опыт	100	100	100	100
	Контроль	0	0	0	0
II	Опыт	98,2	83	73	95
	Контроль	0,2	0	0,1	0
III	Опыт	85,1	52	22	75,5
	Контроль	0	0	0	0,2
IV	Опыт	15,3	0	0	44
	Контроль	0	0	0	0
Куколки	Опыт	0	0	0	1
	Контроль	0	0	0	0
<u><i>Aedes aegypti</i></u>					
Кладки	Опыт	100	100	100	100
	Контроль	0	0	0	0
I	Опыт	100	100	100	196
	Контроль	0	0	0,1	0
II	Опыт	96,4	75	69	88,8
	Контроль	0,2	0	0	0
III	Опыт	81	69,6	16	60,7
	Контроль	0	0	0	0
IV	Опыт	88	4	0	40
	Контроль	0	0	0	0,1
Куколки	Опыт	0	0	0	0
	Контроль	0	0	0	0
<u><i>Culiseta longiareolata</i></u>					
II-III	Опыт	96	54-36	24	99,1
	Контроль	0	0	0	0
Куколки	Опыт	0	0	0	0
	Контроль	0	0	0	0

действием на личинок комаров наиболее токсичной следует признать *H. fontinalis f. tenuissimus*, а затем — *M. aeruginosa*. По своему губительному влиянию на личинок комаров *A. variabilis* несколько отстает от двух предыдущих видов, но действует сильнее, чем *A. oscillarioides f. turkestanica*. В культуре последней водоросли личинки комаров гибли в меньшей степени, например, среди личинок III стадии смертность составила 16–24%, в то время как в присутствии остальных видов их погибало больше половины. В культуре *A. oscillarioides f. turkestanica* в основном гибли личинки комаров младших возрастов (I и II стадий), среди личинок III стадии смертность была невысокой, а личинки IV стадии вовсе не теряли жизнеспособности.

Опыты в водоемах с личинками кровососущих комаров. В отдельной серии опытов проверялось влияние токсических продуктов жизнедеятельности сине-зеленых водорослей на личинок кровососущих комаров, помещенных в садки. Этот прием позволяет получить очень точные данные как по числу погибших гидробионтов, так и по срокам наступления массовой гибели личинок. По мере развития водорослей и накопления биомассы в экспериментальные водоемы помещали садки с определенным количеством личинок комаров. В каждом садке находились личинки одной стадии развития и одного рода. Опыты с садками позволили в одно и то же время проводить наблюдения за всеми стадиями развития — от кладок до куколок.

Культуры сине-зеленых водорослей в экспериментальных водоемах так же, как в лабораторных опытах, обусловили высокий процент смертности среди личинок кровососущих комаров. Особенно заметной она была у личинок младших возрастов (табл. 2). Из кладок всегда происходил нормальный выплод личинок, однако они погибали в первые же сутки контакта с культурой водорослей. У личинок I стадии видов *Culex pi-*

Ю.

Aedes aegypti отмечалась стопроцентная смертность в первые двое суток после помещения их в садки. Личинки I стадии *Culiseta longiareolata* на 2-3 день полностью погибали с культурами *N. fontinalis f. tenuissimus* и *M. aeruginosa* и на 63-96% на 3-6 день в культуре двух видов *Anabaena*.

С увеличением возраста число погибших личинок комаров уменьшается. Так личинки II стадии в массовом количестве гибли в период от 2 до 6 суток после помещения в садки. Полная гибель личинок комаров всех трех родов отмечалась в культуре *N. fontinalis*, и в значительной степени - в водоемах с другими видами водорослей. Исключение составили садки с личинками *Cs. longiareolata* в культуре *A. oscillarioides f. turkestanica*, где погибло лишь 5% внесенных личинок. Смертность среди личинок III стадии составила примерно половину от таковой для младших возрастов, и массовая гибель имела место в течение более длительного времени пребывания личинок в культуре водорослей - 3-7 дней. Однако и здесь имеются свои особенности. В присутствии *N. fontinalis f. tenuissimus* смертность личинок III стадии очень высока - 87-100%, а в культуре *A. variabilis* - низка (12%); в садках с личинками *Cs. longiareolata*, помещенных в водоем с культурой *A. oscillarioides f. turkestanica*, личинки не погибали вовсе.

Личинки кровососущих комаров IV стадии развития обладали заметной устойчивостью к токсинам водорослей. Довольно высокая смертность личинок *Culex* и *Aedes* отмечалась в культуре *N. fontinalis* и *Culex* - в водоеме с *M. aeruginosa*. В остальных вариантах их погибало очень мало. Личинки IV стадии *Cs. longiareolata* почти не гибли.

Во всех случаях на куколок комаров, которые, как известно, не питаются и имеют хитиновый покров, сине-зеленые водоросли не действовали и из них происходил нормальный выплод имаго.

В опытах с садками находит подтверждение установленное в лабо-

Таблица 2

Показатели гибели личинок кровососущих комаров в культуре сине-зеленых водорослей
(опыты в садках), %

Стадия личинок	Вариант эксперимента	Культура водорослей				:На какой день наступила гибель
		: <i>H. fontinalis</i> : <i>f. tenuissimus</i>	: <i>A. variabilis</i>	: <i>A. oscillarioides</i> : <i>f. turkestanica</i>	: <i>M. aeruginosa</i>	
<u><i>Culex pipiens</i></u>						
Кладки	Опыт	-	-	100	100	I
	Контроль	-	-	0	0	0
I	Опыт	100	100	100	100	1-2
	Контроль	0,4	0,3	0,3	0,5	"
II	Опыт	98,5	73,5	89	90,2	2-6
	Контроль	0,3	0	0	0,1	"
III	Опыт	87,8	48,7	40,8	64,1	3-7
	Контроль	0,2	0,3	0	0	"
IV	Опыт	72,5	25	12	60,1	4-6
	Контроль	0,8	2	0,1	0	"
Куколки	Опыт	0	0	0	0	0
	Контроль	0	0	0	0	0
<u><i>Aedes aegypti</i></u>						
Кладки	Опыт	100	100	100	100	I
	Контроль	0	0	0	0	0
I	Опыт	100	100	100	100	1-2
	Контроль	0,1	0,1	0,4	2,5	"
II	Опыт	100	89,6	100	100	2-4
	Контроль	0,3	0,5	0,1	0,3	"
III	Опыт	100	57	44	77	3-6
	Контроль	1,8	1,3	0	1,3	"
IV	Опыт	92,6	13	4,5	20	3-6
	Контроль	1	1,3	0	0	"
Куколки	Опыт	0	0	0	0	0
	Контроль	0	0	0	0	0
<u><i>Culiseta longiareolata</i></u>						
Кладки	Опыт	-	-	-	100	I
	Контроль	-	-	-	0	0
I	Опыт	100	90,6	63	100	2-6
	Контроль	0,2	0	0	0	"
II	Опыт	100	64,6	5	63	3-6
	Контроль	0	0,5	0	0,6	"
III	Опыт	98,7	12	0	48	4-6
	Контроль	0	0	0	0	"
IV	Опыт	0	0	0	0	0
	Контроль	0	0	0	0	0
Куколки	Опыт	0	0	0	0	0
	Контроль	0	0	0	0	0

II.

раторных опытах положение о большей чувствительности к токсинам водорослей личинок младших возрастных групп по сравнению со старшими. Личинки *Cs. longiareolata* более устойчивы к продуктам жизнедеятельности сине-зеленых водорослей, чем личинки *Sx. pipiens* и *Ae. aegypti*. Среди водорослей *N. fontinalis f. tenuissimus* обладает более сильным токсическим воздействием на личинок кровососущих комаров, чем остальные три вида.

Для выяснения зависимости между накоплением биомассы сине-зеленых водорослей и проявлением их токсического действия в экспериментальных водоемах проводились наблюдения за динамикой численности личинок комаров, заселяющих водоемы спонтанно в течение теплого времени года. В естественных условиях они длились три года (1971-1973), равные по климатическим условиям. Для трех видов водорослей мы приводим результаты опытов 1972 года как наиболее типичного, а в случае *A. oscillarioides f. turkestanica* - материалы 1971 года.

После внесения культуры *N. fontinalis f. tenuissimus* в водоем в течение 15-20 дней отмечались некоторый период адаптации и медленное нарастание биомассы водорослей. С 3 по 12 июля, когда водоросли развивались еще слабо, численность личинок кровососущих комаров резко увеличивалась до 17 000 экз. на водоем, а затем, после 7 августа, уменьшалась до 8000-9000 экз. Мы заметили, что с середины июня начинается нарастание биомассы водоросли и параллельно идет спад количества личинок комаров. К концу августа в водоеме с водорослями число личинок комаров уменьшилось до минимума, а в первой декаде сентября они практически исчезли (рис. 1).

В контрольном водоеме в июле так же, как и в опытном варианте, количество личинок комаров резко увеличилось - до 12 000 экз. на 1 м². В дальнейшем оно постоянно превышало уровень личинок комаров в экспериментальном водоеме. С наступлением похолодания (в начале октября)

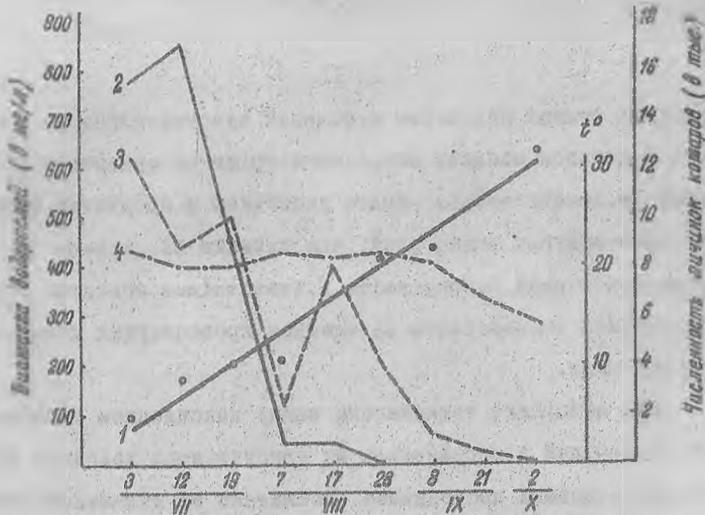


Рис. 1. Зависимость между биомассой *N. fontinalis* f. *tenuissimae* и численностью личинок *Sx. ripiens* в экспериментальном водоеме: 1 - биомасса водоросли; 2 - количество личинок в опытном водоеме; 3 - количество личинок в контрольном водоеме; 4 - температура воды в °C.

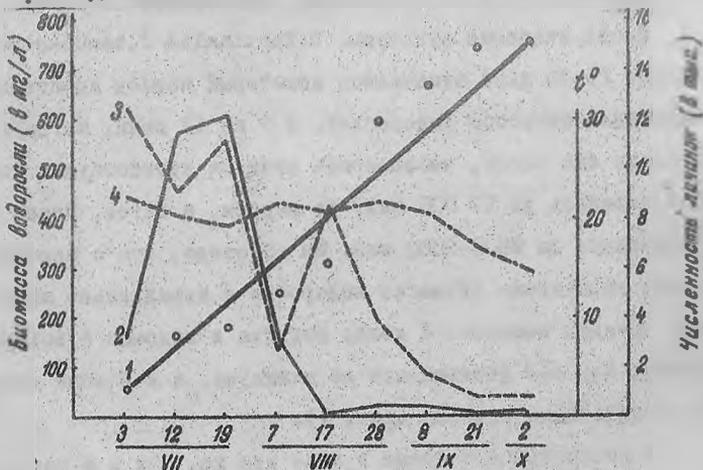


Рис. 2. Зависимость между биомассой *A. variabilis* и численностью личинок *Sx. ripiens* в экспериментальном водоеме. Обозначения те же, что на рис. 1.

во всех вариантах опытов личинки почти исчезли. В контрольном водоеме они сохраняли жизнедеятельность на три недели дольше, чем в водоеме с культурой водоросли. С началом активного роста водорослей уменьшалось количество личинок I и II стадий развития, но развитие III и IV стадий продолжалось.

Исчезновение личинок комаров связывают с активным размножением водорослей в водоеме и выделением ими токсических веществ. Если биомасса водорослей на 3 июля в день внесения в водоем культуры равнялась 96-201 мг/л, то в августе-сентябре она увеличилась более чем вдвое - 415-555 мг/л.

Таким образом, токсичность *N. fontinalis f. tenuissimus* по отношению к спонтанно заселившим водоем личинкам кровососущих комаров проявляется со второй половины июля по сентябрь, когда водоросли накапливают достаточно большую биомассу.

В водоеме с *A. variabilis* в первый период (3-19.VII), когда развитие водоросли еще слабое численность личинок кровососущих комаров была очень высокой - 12 000 на 1 м². Затем, по мере развития водоросли, их количество уменьшалось и к концу первой декады августа составляло 3 000 экз., а через 10 дней - лишь 189 экз. на 1 м² (рис. 2).

С началом активного развития водорослей как и в водоеме с *N. fontinalis f. tenuissimus*, уменьшалось количество личинок I и II стадий развития, личинки же III и IV стадий продолжали развиваться и поэтому чаще других попадали в сачок. Они оказались более устойчивыми к прижизненным выделениям *A. variabilis*. Исчезновение личинок более молодых стадий развития объясняется меньшей устойчивостью их к продуктам жизнедеятельности водорослей.

Если биомасса водорослей к 3 июля, в день внесения культуры в водоем, равнялась 52 мг/л, а число личинок комаров достигало 3150 экз., то к середине месяца оно возросло до 12 000 экз., а биомасса к этому

времени достигла 150 мг/л. С увеличением биомассы водорослей до 240 мг/л количество личинок уменьшилось до 2950 экз. В августе их численность снизилась резко и к середине месяца равнялась 400 экз. на водоем, а биомасса водоросли составила 500 мг/л и к концу экспериментального сезона снизилась до нуля. Последний период, как видно из приведенных данных, совпадает с накоплением максимальной биомассы водорослей (около 800 мг/л) и минимальным количеством личинок кровососущих комаров.

В контрольном водоеме постоянно наблюдался высокий уровень личинок комаров. Личинки сохраняли жизнеспособность до октября, тогда как в экспериментальном водоеме с 17 августа и весь сентябрь они полностью отсутствовали.

В период адаптации культуры водоросли *A. oscillarioides f. turkestanica*, т.е. с 14 по 26 июля, когда развитие ее было слабым, численность личинок кровососущих комаров резко увеличилась — до 5418 экз. на водоем. В дальнейшем культура *A. oscillarioides f. turkestanica* активно размножалась и ко 2 августа полностью подавила деятельность личинок комаров, тогда как в соседних водоемах с двумя другими плохо развивавшимися культурами водорослей и в контроле их было очень много. Особенно сильное угнетение личинки испытывали по мере увеличения биомассы (более 18 мг/л). Можно считать, что для культуры водоросли *A. oscillarioides f. turkestanica* в близких к природным условиям нижний предел накопления биомассы, после которого начинается отмирание личинок комаров, ориентировочно равняется 20–25 мг/л сухого остатка.

В водоеме с *A. oscillarioides f. turkestanica* в первую очередь погибали личинки I и частично II стадии. Личинки III, IV стадий и куколки оставались невредимыми. С 26 июля по 2 августа произошел вылет этой генерации. Последующая генерация погибала сразу же после выплота, в возрасте I стадии, и ко 2 августа личинок в водоеме не оказалось.

Тем не менее в течение всего опытного сезона было постоянно много отложенных кладок. Ко 2 августа количество личинок снизилось до нуля, биомасса водорослей равнялась 20 мг/л. Мы заметили, что с третьей декады июля начинается нарастание биомассы и параллельно идет спад количества личинок комаров. К началу августа в водоеме с водорослями их численность уменьшилась до минимума, т.е. практически они исчезли (рис. 3). В контрольном водоеме к концу июля число личинок составило всего 1000 экз., тогда как в опытном пик приходился на середину месяца, а в контрольном — на третью декаду (90 000 экз.). В дальнейшем в контрольном водоеме численность личинок была постоянно выше, тогда как в опытном они полностью исчезли.

Для изучения действия токсинов *M. aeruginosa* на личинок кровососущих комаров в экспериментальный водоем внесли культуру водоросли, привезенную из Алма-Атинского прудового хозяйства, где в летние месяцы она развивается в значительном количестве. Дня через 2-3 после того, как экспериментальный водоем был залит водой, а водоросли еще не внесли, уже обнаруживались кладки кровососущих комаров *Sx. ripiens*, а позже и *Sx. longiareolata*, из которых вскоре выплодились и заселили экспериментальный водоем личинки. Водоросли вносились, когда водоем был заселен всеми четырьмя стадиями личинок и куколками.

Самое большое количество личинок в водоеме наблюдалось в первой декаде августа, т.е. через 20 дней после внесения водоросли (рис. 4). Численность личинок достигала 3150 экз. Затем она резко пошла на спад. К началу третьей декады августа число личинок составляло 1000 экз., а к концу месяца не превышало 400 экз. В сентябре их совсем не было, и только к концу второй декады насчитывалось 63 экз. на водоем, а затем они исчезли совсем. Хотя весь экспериментальный период на поверхности воды опытного водоема с культурой водоросли ежедневно находили по 1-2 кладки, со второй декады августа до конца опытного периода

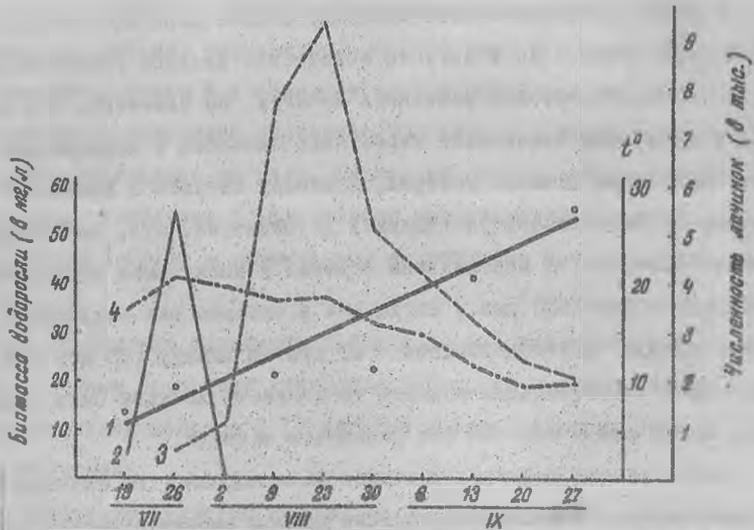


Рис. 3. Зависимость между биомассой *A. oscillarioides* f. *turkestanica* и численностью личинок *Sx. pipiens* в экспериментальном водоеме: 1 - биомасса водоросли; 2 - количество личинок в опытном водоеме; 3 - количество личинок в контрольном водоеме; 4 - температура воды в °C.

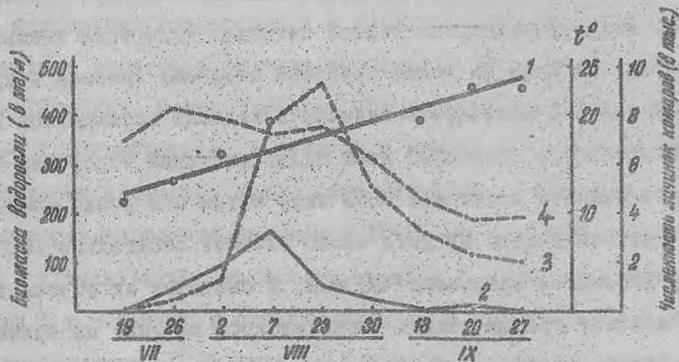


Рис. 4. Зависимость между биомассой *M. aeruginosa* и численностью личинок *Sx. pipiens* в экспериментальном водоеме. Обозначения те же, что на рис. 3.

личинки практически не обнаруживались. В контрольном водоеме весь август их было примерно втрое больше по сравнению с опытным водоемом. В сентябре, когда в опытном водоеме личинки практически исчезли, в контрольном еще насчитывалось до 2000-4000 экз. Биомасса водоросли постепенно увеличивалась: с 220 мг/л в начале опытов до 460 мг/л в конце.

Из результатов данного раздела работы вытекает вывод о большом значении темпа размножения водорослей в проявлении токсического действия на личинок кровососущих комаров. Токсичность водорослей начинает проявляться лишь по мере накопления ими достаточной биомассы.

Опыты с другими гидробионтами. Для выяснения токсического действия сине-зеленых водорослей на других гидробионтов тоже проводились опыты в лабораторных условиях и в условиях, близких к естественным, - экспериментальных водоемах (ямах-копанках).

В лабораторных опытах были взяты гладыши - *Notonecta glauca*, жуки-плавунцы - *Dytiscidae*, личинки хирономид - *Tendipedidae*, циклопы - *Cyclops*, дафнии - *Daphnia*, личинки стрекоз - *Odonata*, головастики - *Rana radibunda* и рыбы - *Aplocheilus* sp. Наибольшую токсичность по отношению не только к личинкам кровососущих комаров, но и к другим гидробионтам показала культура водоросли *N.fontinalis* f. *tenuissimas*. В культуре этой водоросли в течение первых двух суток погибли в основном все испытанные гидробионты, за исключением жуков-плавунцов.

Далее по степени токсического воздействия на гидробионтов идут *A.variabilis* и *M.aeruginosa*. Продукты их жизнедеятельности полностью или частично подавляли развитие головастиков, циклопов, дафний, личинок хирономид и не действовали на гладышей и жуков-плавунцов. Токсины *A.oscillarioides* f. *turkestanica* были очень слабыми, они убивали лишь

головастиков и частично подавляли деятельность дафний.

Очень устойчивыми к токсинам водорослей оказались жуки-плавунцы и гладыши. На первых токсины всех четырех испытанных водорослей не влияли совсем, вторые погибали лишь в присутствии *N.fontinalis f. tenuissimus*. Личинки хирономид и циклопы были стойкими к токсинам *A.oscillarioides f.turkestanica*.

В экспериментальных водоемах, очевидно ввиду разбавления токсинов водорослей в большом объеме воды, их губительное действие на гидробионтов оказалось несколько сглаженным. Все четыре вида водорослей вызывали массовую гибель личинок кровососущих комаров. *N.fontinalis f.tenuissimus* так же, как и в лабораторных опытах, полностью подавляла развитие испытуемых гидробионтов, за исключением личинок стрекоз старших возрастов (табл. 3). Следующей по силе токсического воздействия на гидробионтов является *M.aeruginosa*, хотя обусловленная ее токсинами гибель гидробионтов значительно ниже результатов лабораторного опыта. Оба вида водорослей из рода *Anabaena* оказались совершенно безвредными.

Из представителей ихтиофауны была взята рыба *Aplocheilichthys* sp. В разных стадиях развития — начиная от икры и кончая взрослыми особями. Все стадии погибли в культуре *N.fontinalis f.tenuissimus*. Далее по силе токсического воздействия идет *A.variabilis*, токсины которой не действуют только на взрослых рыб (табл. 4).

Культура *M.aeruginosa* действовала на ранние стадии развития рыб: из икринок не происходил выход личинок, а личинки 2-3-дневного возраста погибали сразу после внесения в культуру водоросли. *A.oscillarioides f.turkestanica* не оказывала какого-либо отрицательного влияния. Среди 2-3-дневных личинок наблюдалось незначительное число погибших особей, но у нас нет достаточных оснований связывать это явление с токсинами *A.oscillarioides f.turkestanica*, тем более, что из икри-

Таблица 3

Токсичность сине-зеленых водорослей по отношению к гидробионтам в экспериментальных водоемах (в садках),%

Вид гидробионтов	Культура водорослей			
	<i>H. fontinalis f. tenuissima</i>	<i>A. variabilis</i>	<i>A. oscillarioides f. turkestanica</i>	<i>M. aeruginosa</i>
<i>St. ripiens</i>	100	100	100	100
Контроль	0	0	0,7	0,4
<i>Ae. aegypti</i>	100	100	100	100
Контроль	0	0	0,1	0,7
<i>Cy. longiareolata</i>	100	100	63	80
Контроль	0	0	0,1	1
<i>Cladocera</i>	86,1	0	0	20
Контроль	0,1	0	0	0,8
<i>Copepoda</i>	100	0	0	11,5
Контроль	0	0	0	0,5
<i>Tendipedidae</i>	100	0	0	14
Контроль	0,25	0	0	0,4
<i>Odonata</i>	25	0	0	0
Контроль	0	0	0	0

Таблица 4

Токсичность сине-зеленых водорослей по отношению к *Aplouscheilus* sp.,%

Стадия развития	Культура водорослей			
	<i>H. fontinalis f. tenuissima</i>	<i>A. variabilis</i>	<i>A. oscillarioides f. turkestanica</i>	<i>M. aeruginosa</i>
Икра	100	100	0	100
Контроль	0	0	0	0
2-3-дневные личинки	100	100	13	100
Контроль	0	0	0	0
20-дневные мальки	100	80	0	0
Контроль	0	0	0	0
Взрослая форма	100	0	0	0
Контроль	0	0	0	0

нок происходил выплод личинок рыб, которые достигали взрослой формы.

Предварительные опыты по определению характера токсического действия водорослей. Для выявления характера токсического действия (эндо- или экзотоксин) водорослей биомассу *N.fontinalis f. tenuissimus* и *A.variabilis* подвергали различным обработкам с целью разрушения их клеток, в том числе попеременному замораживанию и оттаиванию. Разрушенная биомасса, фильтрат культуральной жидкости, отфильтрованная биомасса водорослей и залитая водопроводной водой, исходная культура водоросли проверялись на токсичность по отношению к личинкам *Ae.aegypti*.

В случае *N.fontinalis f.tenuissimus* наиболее токсичными по отношению к личинкам кровососущих комаров оказались механически разрушенная биомасса, исходная культура, а также фильтрат культуральной жидкости. Из этого следует, что ларвицидное токсическое вещество выделяется в окружающую среду в течение жизнедеятельности водорослей и после лизиса клеток.

В случае *A.variabilis* наиболее токсичными по отношению к личинкам кровососущих комаров оказались механически разрушенная биомасса и биомасса после замораживания и оттаивания. При этих двух обработках клетки освобождаются от внутреннего содержимого, которое переходит в раствор. В отличие от *N.fontinalis f.tenuissimus* фильтрат культуральной жидкости *A.variabilis* не оказался токсичным, поэтому активное начало напоминает экзотоксин.

Разрушенную биомассу *A.variabilis* хранили в течение 24 дней при двух температурах (10 и 30°) с целью определения устойчивости токсинов к разрушению. При высокой температуре (30°) происходило химическое и ферментативное разрушение токсинов. Через 12 дней терялась половина от первоначального токсического действия, а через 24 дня

токсины полностью разрушались. Хранение при 10^0 обуславливало большую сохранность токсинов; через 24 дня погибало 88% внесенных личинок комаров.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Широко известное явление — "цветение" водоемов, обусловленное массовым развитием водорослей, — в экологическом аспекте оценивается отрицательно, так как с ним связаны отравление животных и человека, порча вкуса воды, загрязнение водоемов и т.д.

В настоящей работе сделана попытка использовать жизнедеятельность сине-зеленых водорослей в комплексной системе мероприятий по биологической борьбе с гнусом, в частности с кровососущими комарами. Получены четкие данные о высокой токсичности четырех видов сине-зеленых водорослей (*N. fontinalis f. tenuissimus*, *A. variabilis*, *A. oscillarioides f. turkestanica* и *M. aeruginosa*) для личинок основных представителей комаров на юге Казахстана — *Cx. pipiens*, *Ae. caspius* и *Cs. longiareolata* — и лабораторный штамм *Ae. aegypti*.

Токсичность водорослей начинает проявляться лишь по мере накопления ими достаточной биомассы. Так, в опытах, проведенных в экспериментальных водоемах, минимальное количество биомассы водорослей, при которой личинки начинали погибать, равнялось: для *N. fontinalis f. tenuissimus* — 415 мг/л, для *A. variabilis* — 304 мг/л, для *A. oscillarioides f. turkestanica* — 27 мг/л и для *M. aeruginosa* — 120 мг/л сухого остатка водорослей.

По своему действию как на личинок комаров, так и на других представителей водной фауны токсины *N. fontinalis f. tenuissimus* можно отнести к ядам общего действия, т.к. в среде с этой водорослью практически погибали все испытанные беснозвончатые и рыбы. Исключением составили личинки стрекоз старших возрастов. Более специфичными и

несколько слабыми по воздействию на гидробионтов оказались токсины остальных трех видов водорослей. Культура *A. variabilis* подавляла развитие личинок кровососущих комаров, головастиков, дафний и циклопов, но не оказывала угнетающего действия на личинок стрекоз и жуков-плавунцов. При культивировании *A. oscillarioides f. turkestanica* погибали только личинки комаров ранних стадий (I и II), а остальные испытанные гидробионты не испытывали угнетения. В естественной популяции *M. aeruginosa* погибали личинки кровососущих комаров и хирономид, а также головастики, а на остальных испытанных гидробионтов токсическое действие данной водоросли было небольшим.

Постоянная гибель личинок кровососущих комаров в присутствии токсинообразующих видов сине-зеленых водорослей, очевидно, объясняется способом питания этих личинок, фильтрующих через себя воду (Мончадский, 1951), с которой в их организм попадают клетки водорослей.

Общей закономерностью является высокая чувствительность к токсинам водорослей личинок младших возрастов по сравнению со старшими. Если в культуре всех четырех видов водорослей личинки I стадии погибали полностью, а II стадии — почти полностью в первые же сутки после их внесения в культуральные среды или в водоем с водорослями, то смертность среди личинок III стадии составляла 50-80% на 3-5 день, а среди личинок IV стадии — от 0 до 80% в течение недельного периода после начала контакта личинок с водорослями. Личинки отдельных видов комаров неодинаковы по своей устойчивости к ядовитым выделениям сине-зеленых водорослей. Из широко распространенных в Казахстане видов комаров личинки *Sx. ripiens* оказались наиболее чувствительными к токсическим выделениям сине-зеленых водорослей, в то время как личинки *Os. longiareolata* были более устойчивыми. Личинки старших возрастов этого комара, особенно IV стадии, по существу не погибали в среде с водорослями, тогда как личинки лабораторного штамма *Ae. aegypti* бист-

ро гибели от токсинов сине-зеленых водорослей.

Выполненные в настоящей работе исследования дают основание для дальнейшей разработки биологических методов борьбы с личинками кровососущих комаров с использованием токсинообразующих видов сине-зеленых водорослей. Сильнее всех подавляет развитие личинок комаров *N. fontinalis f. tenuissimus*, но она образует яды очень широкого спектра действия, которые губят практически всю фауну беспозвоночных. Для трех культур водорослей - *A. variabilis*, *A. oscillarioides f. turkestanica* и *M. aeruginosa* - характерна специфичность действия ядов, когда в первую очередь погибают личинки кровососущих комаров и в меньшей степени затрагиваются другие представители водной фауны. Эти водоросли быстро накапливают достаточную биомассу, необходимую для проявления токсических свойств в экспериментальных водоемах. Из двух представителей рода *Anabaena* *A. oscillarioides f. turkestanica* хорошо развивается в относительно прохладной воде, поэтому ее можно культивировать в водоемах с более низкой температурой. Что касается *M. aeruginosa*, то на юге Казахстана именно эта водоросль обуславливает "цветение" водоемов озерного или прудового типа, поэтому ее легче перенести в виде естественной популяции и размножить в тех водоемах, которые не являются хозяйственно нужными и где необходимо резко снизить численность личинок кровососущих комаров. Особенность биологии водорослей состоит в том, что в начале лета, когда температура воды еще относительно низка, хорошо развиваются зеленые, диатомовые и другие представители альгофлоры, и лишь в середине лета, когда вода достаточно прогревается, начинают усиленно размножаться сине-зеленые водоросли. Поэтому в системе мер борьбы с кровососущими комарами сине-зеленые водоросли могут быть использованы для снижения численности личинок во второй половине лета и осенью.

ВЫВОДЫ

1. Из мест обитания личинок кровососущих комаров выделены и получены альгологически чистые культуры 12 видов сине-зеленых водорослей: *Napalosphon fontinalis* (Ag.) Born. emend. Elenk. f. *tenuissimus* (Grun.) Coll. et Setch.; *Anabaena variabilis* Kutz.; *A. oscillarioides* Bory f. *turkestanica* (Kissel.) Elenk.; *A. sphaerica* Born. et Flah.; *Amorphonostoc punctiforme* (Kutz.) Elenk.; *Spirulina Jenneri* (Hass.) Kutz.; *Oscillatoria amphibia* Ag. f. *tenuis* (Anissim.) Elenk.; *O. splendida* Grev.; *Plectonema nostocorum* Born.; *Calothrix* sp.; *Pseudanabaena galeata* Bocher.; *Gomphosphaeria aronina* Kutz. При проверке на токсичность оказалось, что эти свойства выражены у 3 видов водорослей: *N. fontinalis* f. *tenuissimus*, *A. variabilis*, *A. oscillarioides* f. *turkestanica* и естественной культуры *M. aeruginosa*.

2. Наиболее благоприятными для выращивания и накопления большой массы культур водорослей *N. fontinalis* f. *tenuissimus* и *A. variabilis* оказались среды Гусева и "М", а для *A. oscillarioides* f. *turkestanica* — среда "М". Оптимальная температура для выращивания *N. fontinalis* f. *tenuissimus* и *A. variabilis* колеблется от 25 до 30°, а для *A. oscillarioides* f. *turkestanica* от 20 до 25°.

3. Личинки кровососущих комаров различных родов неодинаково устойчивы к продуктам жизнедеятельности водорослей: *Cx. pipiens* и *Ae. aegypti* в культуре водорослей быстро погибают, в то время как личинки *Cs. longiareolata* относительно устойчивы.

4. Личинки кровососущих комаров младших возрастов более чувствительны к токсинам сине-зеленых водорослей, чем личинки старших возрастов.

5. Имеется прямая зависимость между нарастанием биомассы сине-зеленых водорослей и проявлением их токсических свойств: минимальная биомасса водорослей в условиях экспериментального водоема, после до-

стижения которой начинается гибель личинок кровососущих комаров, следующая: для *H. fontinalis f. tenuissimus* - 415 мг/л, *A. variabilis* - 304 мг/л, *A. oscillarioides f. turkestanica* - 20 мг/л, а для *M. aeruginosa* - 400 мг/л сухого остатка.

6. Токсины *H. fontinalis f. tenuissimus* губительно действовали на ряд представителей водной фауны. В лабораторных опытах гибели не наблюдалось лишь у *Dytiscidae*, а в условиях экспериментального водоема - у личинок старшего возраста *Cs. longiareolata* и *Odonata*.

- *A. variabilis* в лабораторных условиях проявляла значительную токсичность по отношению как к личинкам кровососущих комаров, так и к другим гидробионтам. В экспериментальных водоемах гибли только личинки комаров,

- *M. aeruginosa* вызывала массовую гибель среди личинок комаров в лабораторных опытах и в опытах в экспериментальном водоеме, а по отношению к другим испытанным гидробионтам в лабораторных опытах не вызывала гибели *Notonecta glauca* и *Dytiscidae*. В условиях экспериментального водоема не гибли личинки *Cs. longiareolata* и *Odonata*, а других гидробионтов гибло II-20%.

- В опытах с *A. oscillarioides f. turkestanica* погибали только личинки кровососущих комаров I и II стадий развития как в лабораторных, так и в экспериментальных водоемах,

- По отношению к рыбе *Aplocheilus* sp., находящейся на разных стадиях развития, не проявила токсического действия лишь культура *A. oscillarioides f. turkestanica*.

7. Опыты по разрушению клеток *A. variabilis* показали, что токсические вещества синтезируются и аккумулируются в клетках водорослей, а ядовитое действие их проявляется после разрушения клеток и выхода токсинов наружу. Токсические вещества разрушаются (инактивируются) быстрее при более высоких температурах (30°) и медленнее - при более низких (10°).

Список работ, опубликованных по теме
диссертации

1. Исследование токсичности сине-зеленых водорослей для личинок кровососущих комаров на юго-востоке Казахстана. - "Вестник АН КазССР", 1972, № 2:65-67.
2. К методике определения токсичности сине-зеленых водорослей по отношению к личинкам комаров. - "Известия АН КазССР, серия биол.", 1972, № 2:39-42.
3. Исследование токсического действия *Anabaena oscillarioides* f. *turkestanica* на кровососущих и некровососущих комаров. - В сб.: "Актуальные проблемы биологии сине-зеленых водорослей". М., Изд-во "Наука", 1974: 99-103.
4. Токсичность *Napalosisiphon fontinalis*, *Anabaena variabilis* и *Microcystis aeruginosa* по отношению к личинкам кровососущих комаров. - "Известия АН КазССР, серия биол.", 1974, № 2:29-35.
5. К вопросу о токсичности сине-зеленых водорослей для личинок комаров. - В сб.: "Проблемы паразитологии". Киев, Изд-во "Наукова думка", 1972:315-316.
6. Использование сине-зеленых водорослей для борьбы с кровососущими комарами" (в печати).
7. Действие токсичных видов сине-зеленых водорослей на различные фазы развития кровососущих комаров и некоторых гидробионтов. (в печати).

Материалы диссертации докладывались:

1. На заседании Секции гидробиологии и ихтиологии Московского общества испытателей природы 28 мая 1974 г.
2. На II Всесоюзном съезде санитарных гидробиологов 4-6 февраля 1973 г. в Москве.
3. На заседании паразитологического общества Казахстана 19 ноября 1974 г.