

УДК 576.895:577.4

© 1992

ПАРАЗИТЫ РЫБ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ

Б.И.Куперман

Впервые предложено использовать в качестве биоиндикаторов антропогенного загрязнения водоемов высокоустойчивых к токсическому воздействию паразитов леща — представителя моногеней *Diplozoon paradoxum* и цестод *Caryophyllaeus laticeps*, численность которых значительно возрастает в зоне загрязнения. Среди диплозоонов обнаружены особи со структурными аномалиями в виде редукции прикрепительного аппарата, нарушения симметрии расположения и числа клапанов, что может быть следствием мутагенного эффекта токсических веществ на морфогенез паразита. Приведенные данные получены при изучении воздействия промышленных сбросов коксохимического производства после аварии очистных сооружений Череповецкого металлургического комбината на паразитов рыб Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища в 1987 г.

Анализ имеющихся данных о влиянии промышленных и бытовых стоков позволяет выявить некоторые общие закономерности в реакции паразитов на токсические воздействия в водоемах разного типа (Ляйман, 1957; Костырев, 1980; Аникеева, 1982; Богданова, 1988; Valtonen, Koskivaara, 1989, и др.). Установлено, что реакция разных групп паразитов на антропогенное загрязнение различной природы — неоднородна. Уровень инвазии гидробионтов одними видами паразитов снижается, другими — возрастает, третьими — остается таким же, как и в чистых водоемах.

В исследованиях последнего времени нам удалось получить новые данные о возможности использования некоторых паразитов в качестве индикаторов загрязнения и экологического состояния водоемов.

Загрязнения стоками промышленных и сельскохозяйственных производств, значительно усилившиеся в последнее десятилетие, становятся основным фактором, влияющим на паразитологическую ситуацию в водохранилищах Волги. Загрязнение водоемов ведет к существенным изменениям структуры сообществ гидробионтов, в том числе и паразитов. При этом нарушаются биоценотические связи в водоеме, что приводит к снижению численности или выпадению высокочувствительных беспозвоночных и позвоночных животных, служащих промежуточными или окончательными хозяевами паразитов. Так, численность планктонных ракообразных в притоке Волги — р. Которосль (район г. Ярославля) снизилась в 13 раз по сравнению с незагрязненными участками (Жохов, 1987). Весьма чувствительны к загрязнению свободноживущие расселительные личинки паразитических плоских червей — онкомирацидии, корацидии, мирацидии. У некоторых гельминтов наблюдается существенное снижение плодовитости. Экспериментально показано влияние токсических веществ на течение инвазионных и инфекционных процессов у рыб и восприимчивость их к паразитам (Флеров и др., 1982).

В 1987 г. произошла крупная авария на очистных сооружениях Череповецкого металлургического комбината, в результате которой в Шекснинский плес Рыбинского водохранилища беспрепятственно поступил большой объем концентрированных сточных вод коксохимического производства, содержащих фенол, нафталин, нефтепродукты. Вслед за этим произошел аварийный выброс более 1 тыс. м³ концентрированной серной кислоты, высвободившей тяжелые металлы (свинец, кадмий, медь,

Таблица 1

Зараженность лещей (*Abramis brama*) из трех плесов Рыбинского водохранилища моногенейми *Diplozoon paradoxum*

Occurrence *Diplozoon paradoxum* in the bream (*Abramis brama*) from three areas of Rybinsk reservoir (Volga river system)

Место исследования	Количество исследуемых рыб (n)	Экстенсивность заражения, %	Интенсивность заражения X/inf.fish, min—max	Индекс обилия X/fish
Шекснинский плес	77	61.03±11.1	4.3 (1—19)	2.57
Торово	24	79.2±16.6	5.8 (1—19)	4.6
Мякса	12	33.3±27.2	2.75 (2—4)	0.92
Волжский плес	64	48.4±12.5	3.26 (1—12)	1.58
Моложский плес	66	13.6±8.4	3.4 (1—8)	0.47

хром), накопленные в донных отложениях. Негативное влияние этой аварии и ее последствия существенно отразились на экосистеме Рыбинского водохранилища. Произошли глубокие изменения в структуре и численности сообществ бактерий, водорослей, высшей водной растительности, зоопланктоне, бентосе и ихтиофауне, что привело биоту Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища на грань экологической катастрофы (Флеров, 1990).

Нами было изучено воздействие комплексного загрязнения промышленными сбросами г. Череповца на паразитов рыб в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища в период 1988—1991 гг. Прежде всего установлено влияние загрязнения на эктопаразитов рыб. Значительно снизилась зараженность леща всеми группами простейших, моногенейми рода *Dactylogyrus* ракообразными (*Ergasilus sieboldi*) и пиявками (*Caspiobdella fadejewi*).

Вместе с тем нами установлено, что моногеней *Diplozoon paradoxum* обладают высокой устойчивостью к загрязнению. Численность их на жабрах леща в зоне действия промышленных стоков Шекснинского плеса была заметно выше по сравнению с другими относительно более чистыми участками Моложского и Волжского плесов Рыбинского водохранилища (табл. 1). Следует отметить, что инвазированность леща диплозоонами выше в районе Торово — зоне непосредственного воздействия загрязняющих веществ г. Череповца. В более отдаленных от города районах — Любце и Мяксе, где действие токсических веществ сказывается в меньшей степени, уровень зараженности лещей диплозоонами снижается.

Несмотря на высокую устойчивость популяций этих паразитов они подвергаются прямому действию токсической среды. Нами впервые выявлены глубокие структурные аномалии у ряда особей *D. paradoxum* из загрязненной зоны Шекснинского плеса водохранилища. Обнаружены формы с редукцией прикрепительных клапанов и нарушением симметрии расположения и числа этих клапанов. При соотношении клапанов у *D. paradoxum* в норме 4:4, в зоне действия токсических веществ встречаются особи диплозоонов с соотношением клапанов 4:3, 4:1, 4:0, 3:3 (см. рис.; вкл.). Отношение особей с аномальным прикрепительным аппаратом к здоровым составляет 1 к 8. Возможно, что уродства строения органов прикрепления, обнаруженные у *D. paradoxum*, являются результатом мутагенного эффекта токсических веществ загрязненных вод на морфогенез паразита. Важно отметить, что в менее загрязненных Моложском и Волжском плесах водохранилища морфологической изменчивости в строении диплозоон нами не выявлено.

Реакция эндопаразитов на загрязнение носит иной характер. Численность некоторых цестод (*Diphyllobothrium*, *Triaenophorus*, *Proteocephalus*), связанных в своем развитии с планктонными рачками, несколько снижается в этот период. Одновре-

Таблица 2

Зараженность лещей из трех плесов Рыбинского водохранилища цестодой *Caryophyllaeus laticeps*
Occurrence *Caryophyllaeus laticeps* in the bream from three areas of Rybinsk reservoir (Volga river system)

Место исследования	Количество исследуемых рыб (n)	Экстенсивность заражения, %	Интенсивность заражения п/л—п/ах	Индекс обилия X/fish
Шекснинский плес	43	90.7±10.4	2—246	56.5
Волжский плес	42	78.6±11.1	1—170	32
Моложский плес	130	91.8±8.2	1—311	25.5

менно прослеживается сокращение видового состава, снижение численности и биомассы зоопланктона, в том числе и копепод, в акватории Шекснинского плеса (Ривьер, 1990).

С другой стороны, в этой зоне заметно возрастает интенсивность заражения лещей цестодой *Caryophyllaeus laticeps* (табл. 2). Промежуточными хозяевами карифиллид служат наиболее токсикорезистентные среди водных организмов — олигохеты. Биомасса бентоса Шекснинского плеса в этот период была представлена преимущественно олигохетами (Скальская, 1990). Они становятся доминантным объектом питания леща в этих условиях, так как численность более чувствительных хирономид значительно снижается в зоне загрязнения. Ранее аналогичная ситуация, связанная с повышением численности *C. laticeps* в лещах при антропогенном загрязнении, наблюдалась на р. Каме (Костырев, 1980).

Как показали проведенные нами исследования, в последние годы (1988—1991) уровень инвазированности хищных рыб плероцеркоидами *Diphyllbothrium latum* в Рыбинском водохранилище почти не изменился со времени предыдущего исследования (1966—1974 гг.) (Куперман, 1979). Следовательно, в Рыбинском водохранилище сохранился стабильный очаг дифиллоботриоза, который, вероятно, поддерживается за счет поступления недостаточно очищенных бытовых стоков городов и многочисленных судов. Вместе с тем нами отмечена тенденция к перемещению центра зараженности рыб из Шекснинского плеса в Волжский плес Рыбинского водохранилища, где инвазированность рыб личинками лентеца широкого становится более высокой. Некоторое снижение зараженности хищных рыб в Шекснинском плесе может быть связано с гибелью ракообразных и рыб вследствие аварийных сбросов промышленных стоков г. Череповца.

В качестве индикаторов загрязнения обычно используются высокочувствительные к воздействию свободноживущие организмы. Мы рассматриваем возможность иного подхода к этой проблеме. На основании полученных нами и литературных данных мы считаем, что ряд видов паразитов могут служить надежным показателем антропогенного загрязнения водоема. При этом наиболее показательными и объективными индикаторами, на наш взгляд, должны быть виды паразитов, высокоустойчивые к токсическому воздействию. При аварийном сбросе в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища ими оказались из моногеней *Diplozoon paradoxum*, а из цестод — *Caryophyllaeus laticeps*, число которых в рыбах возрастает в зоне загрязнения. Обнаружение среди диплозооноз структурных аномалий служит подтверждением токсического влияния загрязнения на организм паразитов.

Наряду с этим в качестве индикаторов могут быть использованы также и более чувствительные группы эктопаразитов, как простейшие, пиявки, паразитические рачки и некоторые моногеней, число которых заметно снижается в зоне загрязнения.

Таким образом, паразиты наряду со свободноживущими организмами могут быть использованы в качестве биоиндикаторов антропогенного загрязнения, экологического и санитарно-эпидемиологического состояния водоемов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- А н и к е е в а Л. В. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на гельминтофауну рыб Выгозера // Экология паразитических организмов в биогеоценозах Севера. Петрозаводск, 1982. С. 83—94.
- Б о г д а н о в а Е. А. Экологическая характеристика паразитофауны рыб в различных районах Ладожского озера в условиях реконструкции его гидробиоценозов // Влияние загрязнений на экосистему Ладожского озера. Л. 1988. Вып. 285. С. 33—43.
- Ж о х о в А. Е. Влияние химического загрязнения воды на гельминтологическую ситуацию в водоемах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1987. 20 с.
- К о с т ы р е в Г. Ф. Влияние загрязнения на динамику ихтиопаразитофауны Камских водохранилищ // Биологические ресурсы водоемов Западного Урала. Пермь, 1980. С. 147—153.
- К у п е р м а н Б. И. Экологический анализ цестод рыб водоемов Волго-Балтийской системы (Рыбинское, Шекснинское водохранилища, Белое, Онежское, Ладожское озера) // Тр. Ин-та биологии внутр. вод АН СССР. Л., 1979. Вып. 38/41. С. 133—159.
- Л я й м а н Э. М. Влияние сточных вод заводов Пермской области на инвазии рыб р. Камы // Тр. Моск. техн. Ин-та рыбн. пром. и хоз-ва. М., 1957. Вып. 8. С. 235—240.
- Р и в ь е р И. К. Влияние стоков г. Череповца на зоопланктон Шекснинского плеса // Влияние стоков Череповецкого промышленного узла на экологическое состояние Рыбинского водохранилища. Рыбинск, 1990. С. 42—48.
- С к а л ь с к а я И. А. Стрессовые состояния сообществ зооперифитона Рыбинского водохранилища // Влияние стоков Череповецкого промышленного узла на экологическое состояние Рыбинского водохранилища. Рыбинск, 1990. С. 59—72.
- Ф л е р о в Б. А. Экологическая обстановка на Рыбинском водохранилище в результате аварии на очистных сооружениях г. Череповца в 1987 г. // Влияние стоков Череповецкого промышленного узла на экологическое состояние Рыбинского водохранилища. Рыбинск, 1990. С. 3—11.
- Ф л е р о в Б. А., М и к р я к о в В. Р., К у п е р м а н Б. И. Инвазионные и инфекционные процессы у рыб при токсическом воздействии // Гельминты в пресноводных биоценозах. М., 1982. С. 58—67.
- V a l t o n e n E. T., K o s k i v a a r a M. Effects of effluent from a paper and pulp mill on parasites of the roach in central Finland // Parasites of freshwater fishes of North-West Europe. Petrozavodsk, 1989. S. 163—168.

Институт биологии
внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок

Поступила 9.06.1992

PARASITES AS BIOINDICATORS OF THE POLLUTION OF WATER BODIES

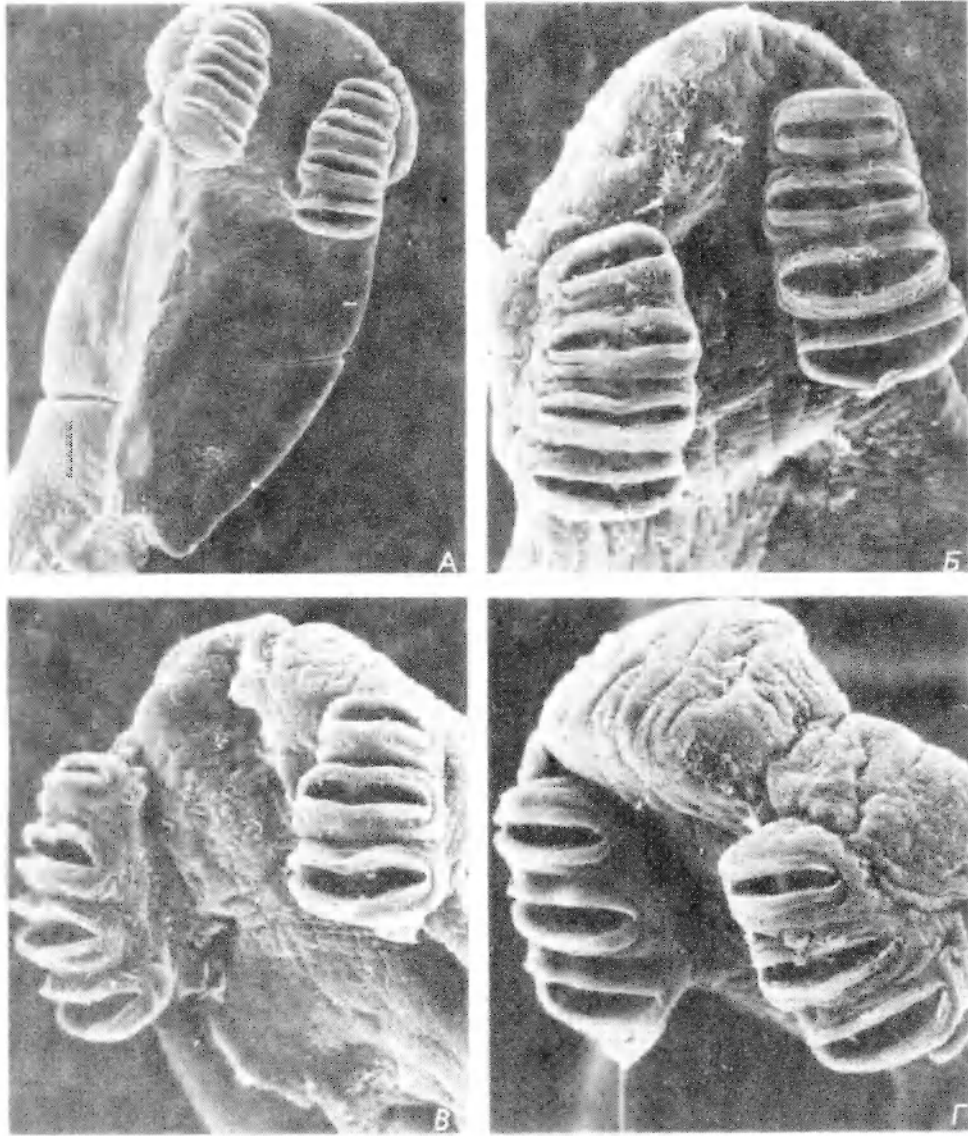
B.I. Kuperman

Key words: fish parasites, bioindicators, pollution, attachment organs, *Diplozoon paradoxum*, *Caryophyllaeus laticeps*

S U M M A R Y

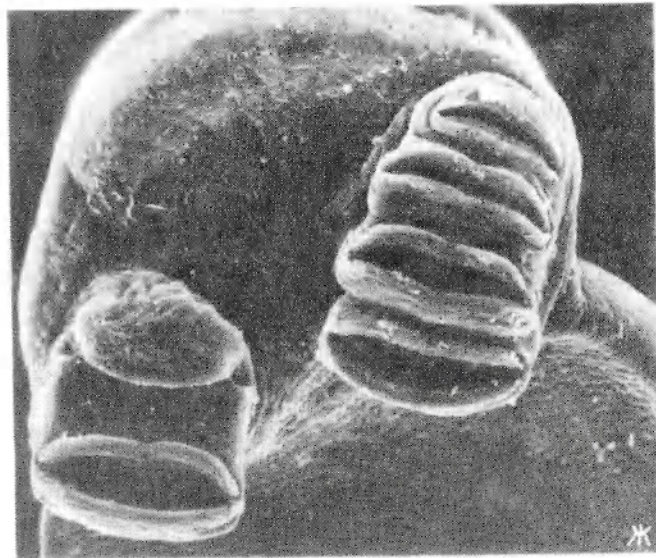
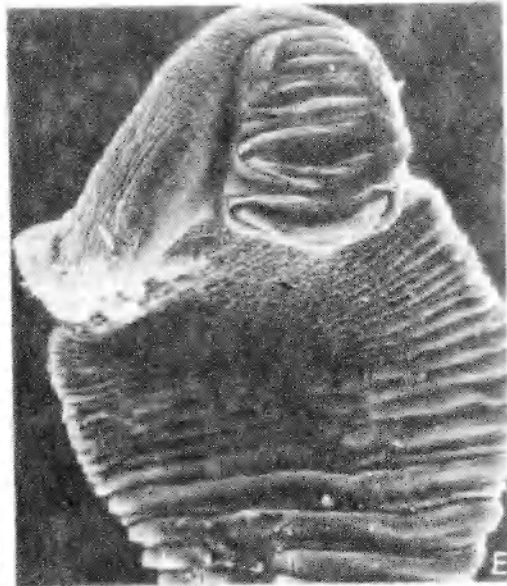
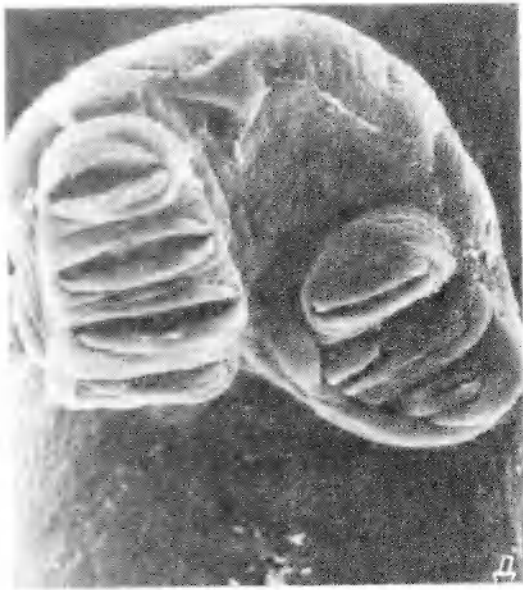
The paper presents the results of studies on the effect of wastes of the Cherepovets iron-and-steel works containing phenol, naphthaline and oil products on fish parasites of the Sheksna part of the Rybinsk water reservoir (the Volga river system). It has been shown that the number of highly sensitive ectoparasites of *Abramis brama* (Protozoa, *Dactylogyrus monogeneans*, *Ergasilus sieboldi* crustaceans and *Caspiobdella fadejewi* leeches) considerably decreases in the zone of pollution. It has been first suggested to use *Diplozoon paradoxum* and *Caryophyllaeus laticeps*, parasites of bream highly resistant to toxic effect, the number of which considerably increases in the zone of pollution, as indicators of anthropogenic pollution and ecological state of a water body. Among diplozoons there have been first discovered individuals having structural anomalies (reduction of the attachment organs, violation in the symmetry of arrangement and number of valves) that serves as evidence of mutagenic effect of toxic substances of polluted waters on morphogenesis of the parasite.

Вклейка к ст. Б.И.Купермана



Структурные аномалии прикрепительных клапанов *Diplozoon paradoxum* из зоны загрязнения Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища, сканирующий электронный микроскоп.
А,Б — нормальное строение, соотношение клапанов 4:4 (А — 70×; В — 150×); В—Ж — нарушение симметрии и редукция клапанов у паразитов из зоны загрязнения: В — соотношение клапанов 4:3 (100×), Г — соотношение клапанов 3:3 (100×), Д — асимметрия и нарушение строения клапанов (150×), Е — соотношение клапанов 4:0 (150×), Ж — соотношение клапанов 4:1 (150×).

Structural anomalies of the attaching valves of *Diplozoon paradoxum* from the pollution zones of the Sheksna part of Rybinsk water reservoir. (SEM).



Продолжение