

Проведенные исследования показали существенные различия в реакции сортов картофеля на заражение. Среди восприимчивых сортов наибольшей зараженностью отличался сорт «Невский». Сорт «Сударыня» имел самые низкие значения по восприимчивости в нематоде. При этом по мере роста устойчивости растений к заражению наблюдалось выраженное снижение размаха изменчивости, дисперсии и значений средней.

Для вариантов опытов с восприимчивыми сортами численность нематод моделировалась Гамма-законом. Для устойчивых сортов распределение численности соответствовало НБР. Полученные данные показали адекватность предложенной Павловым и Иешко (1986) модели численности паразитов и перспективность ее использования для оценки эффективности селекционной работы по получению новых сортов картофеля. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № П 1299).

Литература.

- Бреев К.А. Применение негативного биномиального распределения для изучения популяционной экологии паразитов. Методы паразитологич. исследований. Л.: Наука, 1972. 70 с.
- Иешко Е.П. Популяционная биология гельминтов рыб. Л.: Наука, 1988. 118 с.
- Павлов Ю.Л. и Иешко Е.П. Модель распределения численности паразитов. // Доклады Академии наук СССР, 1986. 289: 746–748.
- Anderson R.M. and May R.M. Regulation and stability of host-parasite population interactions. I. Regulatory processes // Journal of Animal Ecology, 1978. 47: 219–247.
- Anderson R.M., Whitefield P.J. and Dobson A.P. Experimental studies of infection dynamics: infection of the definitive host by cercaria of *Transversotrema patialense*. Parasitology, 1978. 77: 189–200.
- Behnke J.M., Lewis J.W., Mohd Zain S.N. and Gilbert F.S. Helminth infections in *Apodemus sylvaticus* in southern England: interactive effects of host-age, sex and year on prevalence and abundance of infections // Journal of Helminthology, 1999. 73: 31–44.
- Brunner J.L. and Ostfeld R.S. Multiple causes of variable tick burdens on small mammal hosts // Ecology, 2008. 89: 2259–2272.
- Crofton H.D. A quantitative approach to parasitism // Parasitology, 1971a. 62: 179–194.
- Crofton H.D. A model of host-parasite relationships // Parasitology, 1971b. 63: 343–364.
- May R.M. and Anderson R.M. Regulation and Stability of host-parasite population interactions. II. Destabilizing processes // Journal of Animal Ecology, 1978. 47: 249–267.
- Ribas A. and Casanova J.C. Helminths of *Talpa europaea* (Insectivora, Talpidae) in southwestern Europe // Acta Parasitologica, 2005. 50: 161–167.
- Stear M.J., Lesley F., Giles T.I., Lisa M., Kerry R. and Matthews L. The dynamic influence of genetic variation on the susceptibility of sheep to gastrointestinal nematode infection // Journal of the Royal Society Interface, 2007. 4: 767–776.

ВОДНЫЙ ПЕРЕНОС СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД В БЕЛОМ МОРЕ

Е. Д. Краснова¹, Д. А. Воронов²

¹Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

²Институт проблем передачи информации РАН

Ленинские горы, д. 1, МГУ, корп. 12, Биологический факультет, Беломорская биостанция, Москва 119991, e_d_krasnova@wsbs-msu.ru

Большинство свободноживущих морских нематод – облигатно бентосные организмы. В их жизненных циклах нет расселительных стадий. Однако, несмотря на ограниченные возможности перемещения, усугубленные прерывистостью биотопов, морские нематоды имеют обширные ареалы (Bhadury et al., 2008; Coomans, 2000). В частности, большинство литоральных нематод Белого моря встречается также в Баренцевом и Северном морях и на побережье Западной Атлантики. Обширность ареалов в сочетании с отсутствием специализированных расселительных стадий свойственны не только нематодам, но и вообще представителям мейофауны, то есть мелким бентосным животным, характерные размеры которых составляют величину порядка 1 мм или менее. Напротив, представители макрофауны, то есть крупных донных животных, как правило, имеют эффективную расселительную стадию в виде многочисленных планктонных ли-

чинок. Отсутствие расселительных стадий у мейофауны в сочетании с обширными, часто все-светными, ареалами её представителей было предложено называть «парадоксом мейофауны» (“meiofauna paradox”, Giere, 1993).

Каким образом нематоды решают парадокс, то есть осуществляют расселение? Один из возможных путей – через водную среду. Возможность пассивного переноса морских нематод показана многими исследователями (Hopper and Meyers, 1966; Jensen, 1981; Fegley, 1988; Commito, Tita, 2002), причем некоторые виды встречаются в толще воды чаще других (Bell, Sherman 1980; Hagerman, Rieger, 1981; Jensen, 1981; Warwick, Gee, 1984; Eskin, Palmer, 1985). По мнению некоторых исследователей нематоды могут прибывать по воде из весьма отдаленных мест (Coull and Palmer 1984; Vrizer, Vukovic, 2000). Благодаря массовому заносу водными течениями могут даже образовываться стерильные поселения свободноживущих нематод (Skoolmun, Gerlach, 1971).

В данной работе мы провели комплексное количественное исследование водного переноса свободноживущих морских нематод в окрестностях Беломорской биостанции МГУ (Белое море, Кандалакшский залив, пролив Великая Салма) с использованием трех методических подходов. 1) Девять пар седиментационных ловушек с площадью сечения $12,6 \text{ см}^2$ ставили на трех горизонтах литорали в разных частях бухты ББС на шесть приливно-отливных циклов. 2) Просматривали пробы планктона из Ругозерской и Чернореченской губ и Великой Салмы (обловы столба воды на глубину до 10 м от поверхности сетью Джели с диаметром отверстия 25 см и ячейей 70 мкм). 3) Исследовали дождевые потоки на литорали (с интервалом в три дня процеживали по 10 л через сито с ячейей 70 мкм) и взвесь в прибрежной воде омывающей литораль (пропустив 20 л воды через сито 70 мкм), а также ставили опыты по обездвиживанию пяти видов морских нематод [*Anoplostoma viviparum* (Bastian 1865), *Desmodora communis* (Bütschli 1874), *Enoplus brevis* Bastian 1865, *Metachromadora vivipara* (De Man 1907) и *Monoposthia costata* Bastian 1865] с помощью разбавленной морской воды.

В седиментационные ловушки нематоды попадают гораздо реже, чем другие представители мейобентоса. В ловушки попало от 0 до 23 экз. нематод при том, что в окружающем грунте их численность была от 10 до 110 экз./см². В существенно больших количествах в ловушках находили гарпактицид, остракод, морских клещей, молодь брюхоногих моллюсков, турбеллярий, молодь сидячих медуз и даже фораминифер. Из 30 видов нематод, встреченных в окружающем грунте, в ловушки попало лишь 15, кроме того, там найдено четыре вида нематод, не обнаруженных на этом пляже (*Enoplus communis* Bastian 1865; *Rhabditidae* gen. sp.; *Atrochromadora microlaima* (De Man 1889), *Lynchomoeidae* gen. sp.). Чаще других в ловушках встречались *E. brevis*; *Hypodontolaimus balticus* (G. Schneider 1906); *Paracanthochus* sp.; *Prochromadora bulbosa* Galtzova 1976; *Timmia acuticauda* Galtzova 1976; *D. communis* и *M. vivipara*). Все эти виды – массовые в окружающем грунте, но частота их встречаемости в ловушках не была пропорциональной естественной плотности поселения. Еще семь видов встречены в ловушках единично, а некоторые массовые, даже доминирующие поблизости в грунте, вовсе в них не попадали: *Chromadora macrolaima* De Man, 1889; *Spirinia parasitifera* (Bastian, 1865) и *Axonolaimus paraspinosus* Schuurmans-Stekhoven et Adam, 1931. Таким образом, среди нематод обнаружили виды с большей и меньшей способностью к водному переносу.

Просмотр планктона из проб, отобранных на постоянной станции возле ББС МГУ, и материалов нескольких планктонных съемок показал, что нематоды встречаются в планктоне часто. Из 78 просмотренных проб они были обнаружены в 67 (86 %). Максимальная численность – 245 экз./м³, средняя – 18 экз./м³, дисперсия – 1460. Численность нематод в наиболее богатых пробах сопоставима с обычной для лета плотностью личинок некоторых массовых беспозвоночных, а средняя – с их численностью вне периода размножения. Значительное превосходство средней численности над дисперсией указывает на то, что распределение весьма агрегированное. В разные месяцы агрегации приходились на одни и те же станции: 1) вершина Ругозерской губы (возле Пояконды), 2) выход из Поякондской губы, 3) возле Половых островов, 4) у выхода из кута Кислой губы.

В пробах с повышенной концентрацией нематод, как правило, доминировали сублиторальные виды из сем. *Microlaimidae* и мелкие хроматориды, известные своей способностью к активному плаванию (Краснова, Воронов, 1999). И лишь в одном случае на постоянной станции, где обычно был постоянный набор видов нематод, высокая численность была достигнута за счет добавки видов, источником которых могла бы быть литораль.

В общей сложности в планктонных пробах обнаружено более 40 видов. Из 248 определенных нами нематод 14 % оказались представителями одного вида – *D. communis*. Она найдена в 37 % проб и встречалась существенно чаще других видов. На втором месте по частоте встречаемости в планктоне были нематоды из сем. *Microlaimidae* – 11 % от всех определенных особей в 13 % проб. Довольно многочисленны в пробах были мелкие хроматориды, в том числе *T. acuticauda* и *Ch. macrolaima*. Из крупных нематод обращает на себя внимание *E. communis*, причем в планктоне найдены исключительно личинки длиной до 3 мм. В каждой шестой пробе оказывались нематоды из семейства *Draconematidae*.

Мы изучили планктон в ручье на нижней части литорального пляжа в бухте ББС, а также в прибрежной морской воде, куда этот ручей впадает. Этот ручей питается главным образом морской водой из луж на литорали. После сильного летнего ливня, совпавшего с фазой малой воды, ручей превратился в бурный поток, и соленость в нем упала до нуля. В это время в нём обнаружено огромное количество взвешенного литорального мейобентоса, в том числе нематоды и гарпактициды. В одном литре ручьевой воды насчитывалось более сотни животных, численность нематод – 12,6 экз./л и гарпактицид – 84,4 экз./л. В пересчете на кубический метр это – несколько десятков тысяч особей, что на порядок больше, чем численность беломорского зоопланктона, обычная для летнего периода и выше, чем когда-либо наблюдавшаяся суммарная численность личиночного планктона в окрестностях Беломорской биостанции МГУ (Марфенин и др., 2001). Соотношение численностей нематод и гарпактицид в ручьевой воде было таким же, как в грунте неподалеку от ручья. По окончании ливня возле берега сформировалась линза почти пресной воды (2‰), и в ней мы обнаружили множество литоральных животных суммарной численностью порядка 20 экз./л, в том числе нематод (порядка 1 экз./л) и гарпактицид (порядка 10 экз./л). Осадков более не было, соленость воды в ручье постепенно росла: через три дня – 11‰ и через шесть – 16‰, а концентрация мейобентоса уменьшилась сначала втрое и потом еще почти вдвое, после чего достигла 18,9 экз./л. В конечном счёте во взвеси почти не стало нематод, а гарпактициды остались, хотя и в существенно меньшем количестве. Те немногочисленные нематоды, которых мы нашли, относились к массовым литоральным видам: *A. paraspinosus*, *D. communis*, *Daptonema setosum* (Bütschli, 1874), *A. viviparum* и *M. costata*. Последняя из отобранных нами проб, видимо, отражала «фоновый вынос» то есть даже в «спокойное» время литоральный ручей выносит в море заметное количество литорального мейобентоса. Концентрация нематод в стоке (0,5 экз./л, или 500 экз./м³) сопоставима с вышеупомянутыми планктонными агрегациями.

В пресной воде морские нематоды теряют способность двигаться, сублиторальные виды даже после краткого контакта с пресной водой погибают, а литоральные восстанавливают активность, причем разные виды – с разной задержкой и при разных пороговых концентрациях. Самым устойчивым из пяти исследованных нами видов оказался *E. brevis*: черви этого вида даже быстро теряли. Пороговая концентрация для *E. brevis*, при которой черви этого вида обездвиживаются так же быстро, как в пресной воде – 10 ‰. После возвращения в морскую воду около половины всех червей сразу начинало двигаться, в среднем им требовалось меньше полминуты.

У *M. vivipara* порог такой же – 10‰, а время на обратную адаптацию – около 2 минут. У *A. vivipara* пороговая концентрация морской соли около 7‰, а после возвращения в морскую воду самцы начинали двигаться сразу, без задержки, а самки – спустя 15–20 секунд. У *D. communis* порог находится в области 11–12‰. Самый требовательный к солености из исследованных видов – *M. costata*: даже самая высокая из испытанных нами концентраций (12‰) их угнетала. Двум последним видам для восстановления активности нужно было 1–1,5 мин.

Таким образом, концентрация соли в нашем ручье через три дня после дождя оставалась достаточно низкой, чтобы обездвижить большую часть нематод, обитающих возле поверхности грунта, и тем самым лишить их возможности сопротивляться течению.

Наши исследования показали, что в Белом море нематоды способны к миграциям в толще воды. Наибольшей способностью к ним обладают: *E. brevis*, *D. communis*, личинки *E. communis*, не определенные нами виды из семейств *Draconematidae*, *Microlaimidae*, *Lynchomoeidae*, *Rhabditidae* и мелкие хроматориды, в том числе *T. acuticauda*, *A. microlaima*, *P. bulbosa*, *Ch. macrolaima*, и в некоторых случаях *H. balticus*, *M. vivipara* и *Paracanthonus* sp. В окрестностях ББС МГУ есть несколько участков, где нематоды из сублиторали часто оказываются в толще воды, вероятно – в силу особенностей придонных течений. Другой путь, которым нематоды попадают в море – смыв с литорали, в частно-

сти, во время сильных дождей, когда потоки пресной воды вымывают обездвиженных нематод из грунта. Последствия дождя могут длиться несколько дней после его окончания. В результате формируются линзы с опресненной водой, с большим количеством взвешенного мейобентоса.

В целом количество свободноживущих нематод в толще воды оказалось весьма большим и нередко количественно соизмеримым с числом специализированных планктонных личинок представителей макробентоса. Таким образом, нематоды благополучно решают «парадокс мейофауны».

Литература

Краснова Е.Д., Воронов Д.А. Скорость оседания свободноживущих литоральных нематод.– Материалы V научной конференции Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова ББС МГУ, 12–13 августа 1998 г. – М.: Русский университет, 1999: 40–42.

Марфенин Н.Н., Бек Е.В., Безр Т.Л. 2001. Распределение пелагических личинок массовых видов бентосных беспозвоночных вокруг полуострова Киндо (Кандалакшский залив Белого моря, окрестности ББС МГУ) // «Материалы V конференции Беломорской биологической станции МГУ». М., «Русский университет»: 52–57.

Bell S.S., Sherman K.S., 1980. Tidal resuspension as a mechanism for meiofauna dispersal.– Mar. Ecol. Prog. Ser., 3: 245–249.

Bhadury, P., Austen M. C., Bilton D. T., Lambhead P. J. D., Rogers A. D. & G. R. Smerdon, 2008. Evaluation of combined morphological and molecular techniques for marine nematode (*Terschellingia spp.*) identification. Marine Biology 154: 509–518.

Commuto J.A., Tita G., 2002. Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage.– Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 268: 237–256.

Coomans, A., 2000. Nematode systematics: past, present and future. Nematology 2: 3–7.

Coull B.C., Palmer M.A., 1984. Field experimentation in meiofaunal ecology. – Hydrobiologia, 118: 1-19.

Eskin R.A., Palmer A., 1985. Suspension of marine nematodes in a turbulent tidal creek: species patterns. – Biol. Bull. 169: 615–623.

Fegley S.R., 1988. A comparison of meiofaunal settlement onto the sediment surface and recolonisation of defaunated sandy sediment. – Journal of experimental marine biology and ecology, 123 (2): 97–113.

Giere, O., 1993. Meiobenthology, the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments. Springer-Verlag, Berlin.

Hagerman G.M., Rieger R.M., 1981. Dispersal of benthic meiofauna by wave current action in Bogue Sound, N.C., USA. – Mar. Biol., 2: 245–270.

Hopper B.E., Meyers S.P., 1966. Observation on the bionomics of the marine nematode *Metoncholaimus sp.* – Nature, Lond., 209: 899–900.

Jensen P., 1981. Phyto-chemical sensitivity and swimming behavior of the free-living marine nematode *Chromadorita tenuis*. – Mar. Ecol. Prog. Ser., 4: 203–206.

Vrizer B., Vukovic A., 2000. Meiofaunal recolonisation of defaunated sediments: II. Harpacticoida (Copepoda); preliminary results. – Periodicum Biologorum, 102 (2): 201-206.

Warwick R.M., Gee J.M., 1984. Community structure of estuarine meiobenthos. – Mar. Ecol. Prog. Ser., 34: 95–103.

КАТАЛОГ БИОТЫ БЕЛОМОРСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ И ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ДАННЫХ НА САЙТЕ БЕЛОМОРСКОЙ БИОСТАНЦИИ

Е. Д. Краснова, А. В. Чесунов

Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, МГУ, корп. 12, Биологический факультет, Беломорская биостанция, Москва 119991,
e_d_krasnova@wsbs-msu.ru

В 2008 году Беломорская биологическая станция МГУ имени М.В. Ломоносова отмечала 70-летний юбилей, и к этой дате было приурочено завершение работы над книгой, которая подвела фаунистические итоги работы биостанции. Это – «Каталог биоты Беломорской биологической станции МГУ» под редакцией профессора кафедры зоологии беспозвоночных А.В. Чесунова и научных сотрудников ББС Н.М. Калякиной и Е.Н. Бубновой. Каталог включает все виды живых организмов от бактерий до высших растений и позвоночных, из всех сред обитания: моря, суши, почвы, пресных водоемов, а также паразитические формы. Минимальная таксономическая единица – вид.