

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

УДК 574.587 (282.5) (08)

В. В. Богатов

МЕТОД РАСЧЕТА МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ И ДИСТАНЦИИ ДРИФТА БЕНТОСА В КРУПНЫХ РЕКАХ

Ранее нами показано [1], что величина суточного дрейфа организмов речного бентоса (N_d) определяется их миграционной активностью (M), измеряемой количеством или биомассой особей, перешедших за сутки в толщу воды с единицы площади дна, равной l^2 , и дистанцией дрейфа гидробионтов (L):

$$N_d = ML/l, \quad (1)$$

где N_d — количество или биомасса организмов, снесенных за сутки через элементарную площадь живого сечения потока с шириной l и высотой h , равной глубине. Важно, что L , в свою очередь, связана со средней по глубине скоростью течения воды (V) функциональной зависимостью:

$$L = aV^b, \quad (2)$$

где a и b — постоянные, причем b достоверно не отличается от 1 [4]. В этом случае a будет обозначать время нахождения беспозвоночных в толще воды (T). Тогда

$$L = TV, \quad (3)$$

откуда

$$T = L/V. \quad (4)$$

В крупных реках определение L и M из-за значительных глубин и большого расхода воды по существующим методам [1, 4—6] невозможно. В настоящей работе предлагается новый метод расчета этих параметров, разработанный специально для условий крупных водотоков.

Известно, что в больших, а иногда и в небольших реках уловы сетками организмов, активно участвующих в дрейфе, выше в поверхностном слое, чем в придонном [2, 3, 6]. Исходя из этого, допустим, что в период активного дрейфа животных придонная масса воды не является зоной их активного сноса и сеть здесь отлавливает гидробионтов, которые поднимаются к поверхности для сплава, опускаются на дно или сносятся пассивно.

Для расчета миграционной активности донных организмов предположим, что за время τ сетью с площадью входного отверстия $l \times l$ м² в придонном слое отловлено n_1 беспозвоночных, а в поверхностном — n_2 . Необходимо узнать, сколько нижней сетью отловлено особей, всплывающих к поверхности активно (n_3). Если допустить, что скорость передвижения животного в потоке к его поверхности и обратно (V_1) постоянна, а выеданием их хищниками можно пренебречь, тогда:

$$n_3 = (n_1 - n_2)/2, \quad (5)$$

где n_4 — количество организмов пассивного дрейфа, отловленных нижней сетью за время τ .

Зная V_1 , определим, сколько времени (t) понадобится животному, чтобы проплыть до поверхности воды расстояние, равное высоте сетки (l):

$$t = l/V_1. \quad (6)$$

Измерив скорость течения потока (V_2) в придонном слое воды, определим, на какое расстояние (L_1) за время t переместится животное вместе с потоком:

$$L_1 = V_2 \cdot t. \quad (7)$$

Поскольку ширина сетки равна l , то n_3 будет соответствовать миграционной активности организмов за время τ на площади дна, равной $l \times L_1$ м². Отсюда легко рассчитать миграционную активность (M) за время τ для площади дна, равной 1 м². Очевидно, что суточная величина M может иметь максимальные значения при $M=N$, где N — плотность поселения животных на площади дна l^2 . Следовательно, M , рассчитанная для одних суток, покажет минимально возможную плотность поселения организмов на грунте ($N_{\min}$). Отметим, что расчет последней приобретает особое значение для рек, где прямые измерения N трудоемки или невозможны.

Из уравнения (1) следует: чтобы найти L , надо рассчитать N_{d_1} . Для этого предположим, что величина сноса от нижней сетки до верхней увеличивается постепенно, а высота сетки равна l . Тогда

$$N_{d_1} = (n_1 \cdot h/2l) + (n_2 \cdot h/2l) = h(n_1 + n_2)/2l, \quad (8)$$

где N_{d_1} — общее количество пассивных и активных мигрантов, снесенных за время τ через элементарную площадь живого сечения потока с шириной l и высотой h , равной глубине. Величина дрефта за время τ для активных мигрантов (N'_{d_1}) окажется следующей:

$$N'_{d_1} = (n_1 - n_4) \cdot \frac{h}{2l} + (n_2 - n_5) \cdot \frac{h}{2l} = h(n_1 - n_4 + n_2 - n_5)/2l, \quad (9)$$

где n_5 — количество организмов пассивного дрефта, отловленное верхней сетью за время τ . Используя уравнение (1), рассчитаем среднюю дистанцию дрефта активных мигрантов:

$$L' = N'_{d_1} l / M_1 \quad (10)$$

Если допустить, что миграционная активность пассивно сносимых беспозвоночных близка к 0, то средняя дистанция дрефта (L) для всех отмеченных в сносе особей составит:

$$L = N_{d_1} l / M_1. \quad (11)$$

В качестве примера для расчета воспользуемся данными В. Я. Леванидова и И. М. Леванидовой [2], полученными на р. Амур в районе г. Хабаровска в июне — сентябре 1958 г. Авторы приводят результаты уловов личинок ручейников, поденок и веснянок двумя сетками с площадью входного отверстия по 0,5 м² каждая, устанавливаемыми в разное время суток на 15 мин у поверхности потока и на глубине 10 м. Проведем расчеты M , L и T на примере личинок поденок.

Определенная нами с помощью аквариумов средняя скорость передвижения (V_1) разных видов нимф амурских поденок составила примерно 0,05 м/с. Для удобства дальнейшего расчета примем, что высота сетки, с помощью которой производился отлов мигрантов, равна 0,5, а ширина — 1,0 м. Исходя из уравнения (6), найдем время (t), которое понадобится животным, чтобы проплыть к поверхности воды расстояние, равное высоте сетки:

$$t = 0,5 \text{ м} : 0,05 \text{ м/с} = 10 \text{ с.}$$

Средние поверхностные скорости течения на Хабаровском створе с июня по сентябрь составляют около 2—2,5, на глубине 10 м — 0,8—1,0 м/с. Допустим, что на последней придонная скорость течения воды (V_2) равна 0,9 м/с. Тогда за 10 с водная масса здесь пройдет путь, равный 9 м. Если ширина сетки 1 м, то нижней сетью отлавливались

организмы, поднимающиеся к поверхности с 9 м² площади дна. По ранее полученным данным [3], за 15 мин средний улов нижней сеткой ночью составил 3,3, а днем — 1,6 экз. В дневном сносе, вероятно, участвовали особи, образующие только пассивный дрейф, который постоянен в течение суток [7]. Следовательно, ночной улов нижней сеткой активно всплывающих к поверхности особей (n_3) составит:

$$n_3 = (3,3 \text{ экз.} - 1,6 \text{ экз.}) : 2 = 0,85 \text{ экз.},$$

тогда

$$M_1 = 0,85 \text{ экз.} : 9 \text{ м}^2 = 0,09 \text{ экз/м}^2,$$

где M_1 — количество организмов, перешедших за 15 мин в толщу воды с 1 м² площади дна. Если активный дрейф происходит в течение 8—9 ч, то M за сутки составит около 3 экз/м², что будет соответствовать $N_{\min}$.

По уравнению (8) найдем общую величину сноса гидробионтов (N_{d1}) за 15 мин через элементарную площадь живого сечения реки высотой 10 и шириной 1 м. Поскольку за это время средний ночной улов верхней сеткой (n_2) составил 6,2 экз., а высоту сетки мы приняли равной 0,5 м, то

$$N_{d1} = (3,3 \text{ экз.} + 6,2 \text{ экз.}) \times 10 = 95 \text{ экз.},$$

откуда

$$L = 95 \text{ экз.} \times 1 \text{ м} : 0,09 \text{ экз/м}^2 = 1060 \text{ м.}$$

Средняя по глубине скорость течения (V) на изученном створе составляет примерно 1,1—1,5 м/с. Примем, что $V=1,3$ м/с. Тогда

$$T = 1060 \text{ м} : 1,3 \text{ м/с} = 800 \text{ с.}$$

Так как личинки поднимаются к поверхности потока за 3 мин и за такое же время спускаются на дно, сплав поденок с поверхностной водной массой продолжается 8 мин. За это время водная масса проходит путь около 1 000 м, поэтому улов верхней сеткой (6,2 экз.) эквивалентен смыву животных с площади дна, равной 1 000 м². Если $M_1 = 0,09 \text{ экз/м}^2$, то численность мигрирующих поденок с 1 000 м² площади дна за 15 мин составит 90 экз. Легко определить, что от такого количества в поверхностной водной массе до глубины 0,5 м в сплаве участвует только 7 % особей.

Рассчитанная нами L для личинок ручейников и веснянок при такой же, как и у поденок, V_1 составила около 0,5 км. Однако эта величина явно занижена, поскольку для указанных групп беспозвоночных средний за ночь улов (n_1) включает в себя и улов в то время, когда придонная водная масса является местом активного сплава. Например, максимальная плотность сноса у веснянок наблюдалась в вечерние сумерки как раз в придонном слое [2].

Отметим, что в расчетах, за неимением данных, мы не использовали коэффициенты фильтрации сетей, которыми отлавливали беспозвоночных. Однако установленный на сетках крупноячеистый газ № 14 обеспечивал хорошую фильтрацию воды [2], что позволило пренебречь этими величинами.

Из всего изложенного видно, что новый метод расчета миграционной активности дистанции дрейфа гидробионтов позволяет находить эти показатели для крупных, с большими глубинами водотоков. Поскольку рассчитанная предложенным способом суточная миграционная активность бентоса численно соответствует минимально возможной плотности поселения этих животных на грунте, то особое значение приобретает расчет этой величины для рек, где прямые измерения плотности поселения донных беспозвоночных либо крайне трудоемки, либо невозможны.

*

The method for calculating migratory activity and drift distances of bottom-dwelling invertebrates is suggested for the first time for large water courses with considerable depths. The calculations are made on the basis of measuring the migration velocity of organisms in the water thickness and from the results of catching drifting individuals by traps arranged near the bottom and in the surface water mass.

*

1. Богатов В. В. Методы определения дистанции дрейфа донных беспозвоночных (на примере р. Буреи).— *Экология*, 1979, № 4, с. 82—88.
2. Леванидов В. Я., Леванидова И. М. Дрейф водных насекомых в реке Амур.— В кн.: Систематика и экология рыб континентальных водоемов Дальнего Востока. Владивосток, 1979, с. 3—26.
3. Леванидова И. М., Леванидов В. Я. Суточные миграции донных личинок насекомых в речной струе. 1. Миграции личинок поденок в р. Хор.— *Зоол. журн.*, 1965, 44, № 3, с. 373—389.
4. Elliott J. M. The distances travelled by drifting invertebrates in a Lake District stream.— *Oecologia*, 1971, 6, N 4, p. 350—379.
5. McLay C. L. A theory concerning the distance travelled by animals entering the drift of a stream.— *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 1970, 27, p. 359—370.
6. Waters T. F. Interpretation of invertebrate drift in streams.— *Ecology*, 1965, 46, N 3, p. 327—334.
7. Waters T. F. The drift of stream insects.— *Annual Rev. Entomol.*, 1972, 17, p. 253—272.

Хабаровский комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного научного центра АН СССР

Поступила 11.06.82

УДК (597:591.43) (08)

В. П. Баранова

СПОСОБ ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО КОРМА В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОМ ТРАКТЕ ЛИЧИНОК РЫБ

Одним из способов количественной оценки питания рыб служит определение индексов наполнения их пищеварительных трактов, которые рассчитывают, умножая на 10 000 отношение массы пищи к массе тела [3]. В тех случаях, когда невозможно провести прямое взвешивание пищи или отдельных ее компонентов, пользуются методом реконструкции масс по фрагментам кормовых организмов. Отношение полученной таким путем массы пищи к массе тела рыбы называют индексом потребления [6] и выражают в процентилях и даже в процентах.

Исследование питания личинок рыб на ранних этапах роста ведется, как правило, с вычислением индексов потребления, так как масса пищевого комка у них чрезвычайно мала; позднее, когда она возрастает, появляется возможность определить массу пищи прямым взвешиванием, и тогда вычисляют индексы наполнения пищеварительных трактов.

В связи с развитием индустриального рыбоводства и применением искусственных кормов для выращивания личинок рыб появились новые трудности в изучении питания последних. Масса искусственных кормов не поддается восстановлению подобно естественным кормовым объектам. Поэтому возникла необходимость оценки питания ранних личинок рыб неживым кормом в цифровых показателях, применение которых целесообразнее, чем словесное описание или обозначение наполнения кишечника в баллах.

В работе с личинками карпа и канального сомика мы попытались оценивать наполнение пищеварительных трактов личинок, питавшихся