

УДК 577.472(28)

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСТАНЦИИ ДРИФТА ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ (на примере р. Буреи)

В. В. Богатов

Известные методы определения средней дистанции дрейфа донных беспозвоночных L могут использоваться на водотоках с незначительной скоростью течения и малым расходом воды. Для рек с большим расходом воды предлагается рассчитывать L по формуле $L = N_d \cdot l / N$. Приведена формула расчета среднего времени нахождения донных организмов в толще воды T и их L для определенного времени суток. Показано, что в р. Буреи при скорости течения в прибрежной зоне 0,22 м/сек за сутки в дрейфе участвовало 23% личинок *Heptagenia soldatovi* Tshern. ($T \approx 15$ мин, $L \approx 200$ м) и 7% личинок *Capnoidae* gen. sp. juv. ($T \approx 3$ мин, $L \approx 35$ м).

Существуют два метода определения дистанции дрейфа, которые могут быть использованы только для ручьев или небольших рек с незначительным расходом воды и со скоростями течения не более 0,2—0,3 м/сек (Waters, 1965; McLay, 1970; Elliott, 1971).

Разработка и проверка метода определения дистанции дрейфа донных беспозвоночных для условий крупных рек была проведена на р. Буреи в районе пос. Чекунда (Верхнебуреинский район Хабаровского края). Ширина реки в этом месте около 300 м, максимальная глубина при среднем уровне до 6 м, дно гравийно-галечное. Средняя по створу скорость течения в основном потоке 1—1,5 м/сек. Река не подвержена антропогенным загрязнениям. Для исследований был выбран участок плеса длиной около 1 км, глубиной от 0,2 до 0,3 м. Средняя по створу скорость течения составляла 0,22 м/сек, средний диаметр гальки на дне около 10 см. Наблюдения проводили в течение суток — с 18 ч 31 августа до 18 ч 1 сентября 1976 г.

МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

В начале и в конце эксперимента учитывали численность и биомассу бентоса на 1 м² площади дна. Для этого с участка брали по восемь камней. Каждый из них вынимали из воды в сачке и отмывали в тазу. Площадь проекции камня определяли весовым методом, затем пересчитывали количество смытых организмов на 1 м² площади дна.

В течение суток учитывали снос животных вниз по течению. Их отлавливали сшитым из шелкового газа № 23 сачком, имеющим входное отверстие 0,25×0,25 м и глубину 1 м; днем — каждые два часа, ночью — каждый час. Днем сачок устанавливали на 10 мин, ночью в течение каждого часа отбирали две пятиминутные пробы дрейфа, которые затем объединяли в одну. Таким образом, общая экспозиция сачка составляла тоже 10 мин. Для определения истинного объема воды, профильтрованного сачком, проводилась его тарировка с помощью гидрометрической вертушки ГР-21М.

Выявление гидробионтов, мигрирующих против течения, проводилось на искусственно очищенном от животных участке дна площадью 0,5×2,0 м. От дрейфующих беспозвоночных участок сверху отгораживался сетью из газа № 23, натянутой на сделанный из алюминия

вой проволоки конус. Чтобы сеть не забивалась крупным мусором, конус направлялся острием против течения. Проволока с сетью прикреплялась к боковым деревянным каркасам, состоящим из двух вертикальных кольев и из верхней и нижней перекладин. На каркасы набивалась плотная ткань, преграждающая с боков доступ мигрантов на участок. Со стороны конуса ткань сшивалась с сетью. С помощью кольев каркас вбивался в грунт. Чтобы у дна не было щели, на нижнюю свободную часть ткани и газовой сетки накладывались камни. Таким образом, на участок открывался доступ только животным, способным передвигаться против течения. Из-за фильтрации газовой сетью скорость течения внутри отгороженного участка была в три раза меньше, чем снаружи. Животных, поселившихся на участке в течение суток, собирали по указанной выше методике. Смыв сделан с 21 камня.

Рядом с первым оборудовался такой же контрольный участок, но в его нижней части устанавливалась дополнительная сеть, преграждающая путь мигрирующим против течения беспозвоночным. Из-за фильтрации двумя сетками внутри второго участка течение практически отсутствовало. Смыв животных проведен с 29 камней. При сравнении результатов, полученных для опытного и контрольного участков, считалось, что мигрировали против течения те виды, численность и биомасса которых в первом случае в несколько раз превышала таковую контрольного участка.

Для учета животных, сносимых за сутки с единицы площади, аналогичным образом отгораживался третий, естественный участок плеса. Через сутки беспозвоночных собирали с 9 камней. Уменьшение количества организмов на участке по сравнению с пробами дна, плюс количество животных, которые попали на участок в результате дрейфа против течения (данные 1-го и 2-го участков), показывало снос с участка отдельных групп животных вниз по течению. Поскольку скорость течения на 3-м участке, как и на первом, была в три раза меньше, чем на плесе, величина сноса, полученная для 3-го участка, вероятно, превышает естественную, так как известно, что при резком изменении скорости течения миграция донных беспозвоночных усиливается (Hughes, 1970).

Однако, если исключить выедание дрейфующих организмов рыбой, то можно принять, что количество организмов, поступающих в поток воды, равно их количеству, переходящему на грунт, и тогда учет донных беспозвоночных, участвующих в дрейфе, можно определять по количеству животных, поступающих на грунт. Такой учет проводился с помощью очищенных от организмов, меченных стеклоглазом камней, помещенных на сутки на дно. Чтобы исключить заползание беспозвоночных на камни, дно вокруг них примерно в диаметре 30 см очищалось от животных.

На плесе каждый час в течение суток с помощью температурного датчика замерялась температура воды. Уровень воды в реке определялся на гидропосту метеостанции Чекунда, расположенном в 0,3 км ниже места проведения эксперимента. Вертушкой ГР-21М вечером и утром замерялась средняя по створу скорость течения воды.

Все пробы фиксировались 4%-ным раствором формалина. Фиксированных животных взвешивали на торсионных весах. Определение личинок поденок проведено научным сотрудником ТИНРО О. Я. Бойковой, личинок веснянок — научным сотрудником Зоологического института АН СССР Л. А. Жильцовой, которым автор выражает свою благодарность.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДИСТАНЦИИ ДРИФТА ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ

Для расчета дистанции дрейфа бентосных организмов принимаем, что полный период дрейфа животных происходит за 24 ч. Если пробы дрейфа отбирать через каждый час, т. е. $t=1$ ч, то число проб будет равно 24. Каждую i -ю пробу будем брать в течение τ сек, а результаты i -й пробы примем неизменными для всего промежутка t_i .

Очевидно, что дистанция дрейфа животного равна произведению средней по створу скорости течения реки на время, которое оно находится в толще воды. Среднее время дрейфа животного в течение промежутка времени t_i можно вычислить как

$$T_i = \frac{N_{si}}{N_{ti}} t_i, \quad (1)$$

где N_{si} — количество животных, находящихся в столбе воды, площадь основания которого S , а высота равна глубине участка реки h_i ; N_{ti} — количество животных, перешедших с участка дна площадью S в толщу воды.

Величина N_{si} легко определяется через площадь сечения сачка S_c , время его экспозиции τ в промежуток t_i , скорость течения на входе в сачок v_{ci} и число животных n_i , пойманных за время τ :

$$N_{si} = \frac{n_i}{v_{ci} \cdot \tau \cdot S_c} S h_i. \quad (2)$$

Если допустить, что время дрейфа T_i не меняется от часа к часу в течение суток, то количество животных, перешедших в толщу воды за час, составляет ту же долю от перешедших в толщу воды за сутки N_s , что и число пойманных в этот час сачком от общего числа пойманных за сутки, т. е.

$$\frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{N_{ti}}{N_s}, \text{ отсюда } N_{ti} = N_s \frac{n_i}{\sum n_i}. \quad (3)$$

Подставляя выражения (2) и (3) в формулу (1), получаем, что

$$T_i = t_i S h_i \sum n_i / \tau v_{ci} S_c N_s. \quad (4)$$

Вспоминая, что средняя дистанция дрейфа L_i равна $T_i v_i$, где v_i — средняя по створу скорость течения реки в продолжение i -го часа, получим

$$L_i = \frac{v_i \cdot S \cdot h_i t_i \sum n_i}{\tau v_{ci} S_c N_s}. \quad (5)$$

Для расчета средней за сутки дистанции дрейфа L бентосных организмов можно пользоваться упрощенной формулой:

$$L = \frac{N_d \cdot l}{N}, \quad (6)$$

где N_d — количество организмов, снесенных за период дрейфа через элементарную площадь живого сечения с шириной l и высотой, равной глубине h ; N — количество беспозвоночных, поселившихся за период дрейфа на площади дна, равной l^2 , т. е. $N \equiv N_s$.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

На глубинах 0,2—0,3 м на плесе р. Буреи средняя численность донных животных в период наших наблюдений составляла около 5000 экз/м² с биомассой 1,2 г/м². Наиболее многочисленными оказались личинки хирономид (60% численности всего бентоса), вторыми были личинки веснянок (27%), третьими — личинки поденок (7%). Единично встречались водяные клещи, олигохеты, личинки ручейников. По биомассе доминировали личинки поденок (65% от общего веса животных), затем личинки веснянок (25%); личинки хирономид по весу составляли только 9%.

Активный дрейф в р. Буреи проходил в ночное время и продолжался 9 ч (с 20 ч 30 мин до 5 ч 30 мин). Дневной, пассивный снос занимал незначительную часть общего дрейфа (17% по численности и 5% по биомассе). В течение суток в результате дрейфа через 1 м² сечения реки было снесено 167 900 экз. животных с биомассой 32,9 г. При сравнении содержания основных групп животных в дрейфе с составом этих групп на дне плеса отмечены значительные различия. По численности и биомассе основу дрейфа составляли личинки поденок (51% по численности, 49% по биомассе), затем личинки хирономид (по 18%) и личинки веснянок (15 и 14%).

В дрейфе обнаружены все виды поденок и веснянок, встреченные на грунте: 9 видов личинок поденок — *Heptagenia soldatovi* Tshern., *Heptagenia* sp., *Pseudocloeon fenestratum* Kazl., *Rhithrogena lepnevae* Br., *Ephemerella aurivillii* Bengtss., *Baetis bioculatus* Piktet., *Baetis* sp. (gr. *bioculatus*), *Baetis* sp., *Baetis sibiricus* Bajk., и 7 видов личинок веснянок — *Capniidae* gen. sp. juv., *Perlodidae* gen. sp. juv., *Diura* sp., *Phasganophora* sp., *Skwala* sp., *Chloroperlidae* gen. sp. juv., *Nemoura* sp. Для исследования были выбраны личинки поденки *H. soldatovi* и личинки веснянки *Capniidae* gen. sp. juv. как наиболее массовые представители донной фауны.

От общего числа всех донных беспозвоночных *H. soldatovi* составляла 5% по численности и 65% по биомассе, в дрейфе — соответственно 28 и 30%. Миграции этого вида проходили только в ночное время. Наиболее активно участвовали в дрейфе личинки ранних возрастных стадий. И. М. Леванидова (1968) считает крупными тех личинок, длина которых превышает 3 мм. В исследованной нами популяции их доля составила 55% численности, а в дрейфе — только 5% (рис. 1).

Результаты, полученные на меченых камнях, показали, что за сутки в дрейфе участвовало 23% личинок *H. soldatovi*. Однако на 3-м участке снесло 40% поденок. Такой большой снос мы объясняем уменьшением скорости течения, вызванной фильтрацией верхней сетью.

Из рис. 2 видно, что *H. soldatovi* имеет ночью два пика-подъема организмов в толщу воды. Эти подъемы не связаны с колебаниями температуры и уровня воды, так как в ночной период не отмечено их значительных изменений (рис. 3). Первый пик достигал максимума в 22 ч, т. е. через 1,5 ч после начала дрейфа, причем в миграциях участвовали личинки только ранних возрастных стадий (см. рис. 1). Второй пик наблюдался в час ночи, совпадая с пиком биомассы, так как в это время мигрировали и взрослые особи.

H. soldatovi — единственный вид, для которого отмечены миграции против течения. Количество личинок на 1-м участке через сутки оказалась в 2,4 раза, а биомасса в 3,6 раза больше, чем на контрольном. Вычитая из численности и биомассы личинок первого участка численность и биомассу личинок контрольного, мы получили, что за сутки

на 1-м участке в результате миграций против течения поселилось 24 экз. *H. soldatovi* биомассой 0,08 г. Численность мигрировавших против течения особей относительно общего дрефта мала и составила 0,4%.

При расчете дистанции дрефта, например для 22 ч, получаем, что среднее время дрефта каждой личинки равно 880 сек. Средняя по створу скорость течения воды равна 0,22 м/сек, отсюда рассчитанная

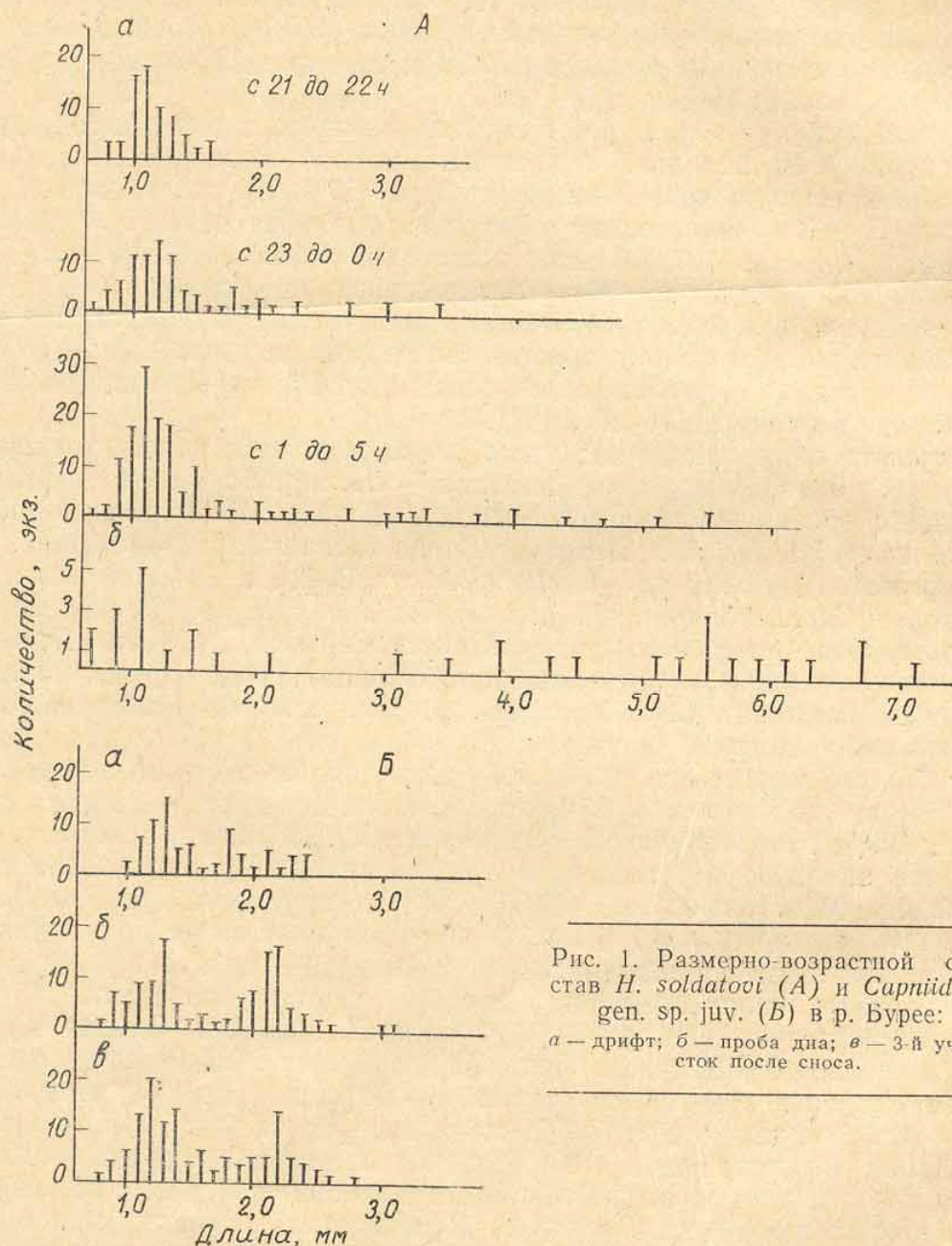


Рис. 1. Размерно-возрастной состав *H. soldatovi* (А) и *Capniidae* gen. sp. juv. (Б) в р. Бурее: а — дрефт; б — проба дна; в — 3-й участок после сноса.

по уравнению средняя дистанция дрефта для *H. soldatovi* составила примерно 200 м. Поскольку средняя по створу скорость течения воды в период активного дрефта практически не изменялась, то L_i для любого времени суток была постоянна.

С учетом незначительно изменяющегося уровня воды величина N_d для *H. soldatovi* составила за сутки 12 030 экз. Из них на 1 м² площади дна за сутки поселилось 60 личинок. Так как количество мигрировавших вверх по течению личинок относительно общего дрефта

очень мало, то можно допустить, что заселение грунта происходило только личинками, мигрировавшими вниз по течению. Тогда

$$L = \frac{12030 \text{ экз.} \times 1 \text{ м}}{60 \text{ экз.}} \approx 200 \text{ м.}$$

Личинки *Capniidae* gen. sp. juv. от общего числа всех бентосных организмов составляли 26% по численности и 9% по биомассе, в дрейфе соответственно 9 и 2%. От общего количества веснянок личинки

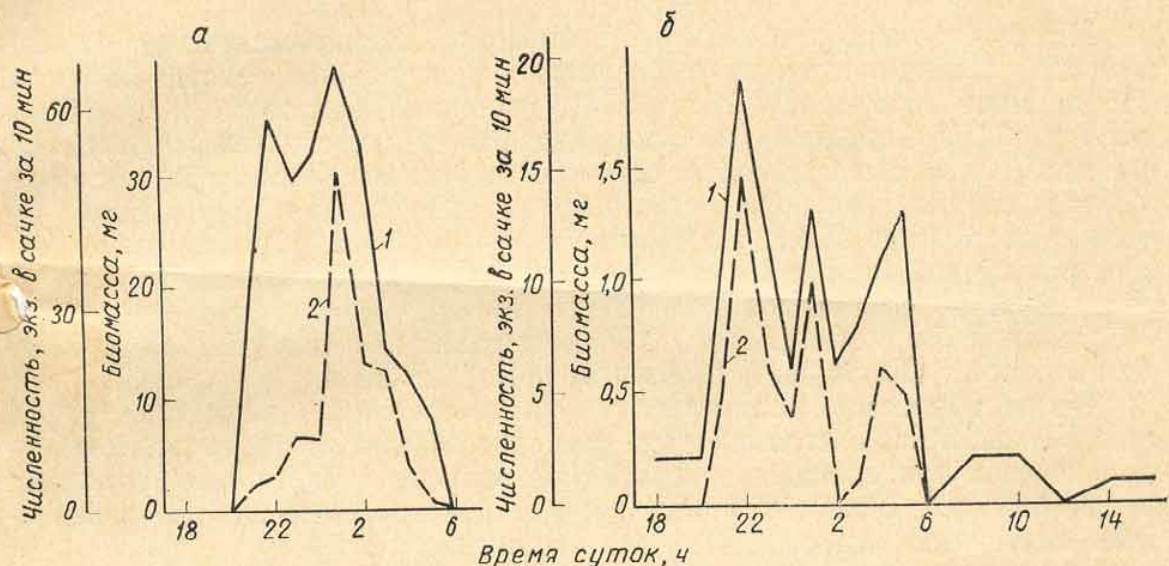


Рис. 2. Дрейф *H. soldatovi* (а) и *Capniidae* gen. sp. juv. (б) в р. Бурее.

1 — численность; 2 — биомасса.

этого вида составили 96% по численности и 35% по биомассе, в дрейфе — 58 и 15%.

В дрейфе в течение суток участвовало 7% особей *Capniidae* gen. sp. juv. Точечное распределение вида на грунте не позволило учесть снос личинок на 3-м участке. Миграции проходили в основном в ночное время. Дневной дрейф личинок составил только 15% суточного. Из рис. 2 видно, что у *Capniidae* gen. sp. juv. ночью было три подъема в толщу воды. Самый большой пик достигал максимума в 22 ч. В час ночи наблюдался второй подъем личинок, численность которых упала к 2 ч, и третий подъем проходил в 5 ч утра, затем, с восходом солнца, численность мигрантов резко снизилась.

На гистограммах размерно-возрастного состава (рис. 1) видно, что популяция веснянок состояла из двух возрастных групп, самые крупные личинки не превышали длины 3 мм. Достоверно нельзя сказать, какая из возрастных групп более активно участвовала в дрейфе. Миграции личинок капниид против течения не отмечены. При расчете дистанции дрейфа веснянок, например в 23 ч, среднее время нахождения личинок в толще воды составило 155 сек. За это время они перемещались на расстояние в 35 м.

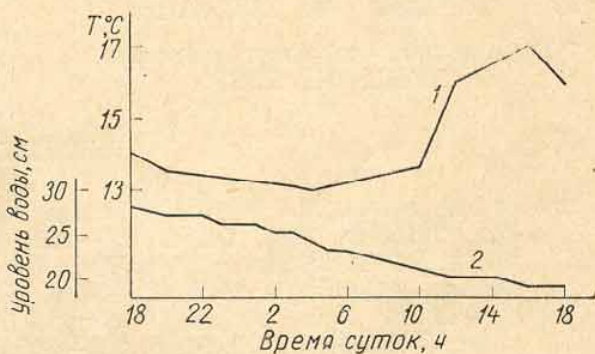


Рис. 3. Изменение температуры (1) и уровня воды (2) в р. Бурее.

С учетом изменяющегося уровня воды N_d для веснянок равнялось 3700 экз/сутки. За это же время на 1 м² площади дна из них поселилось 110 личинок. Отсюда

$$L = \frac{3700 \text{ экз.} \times 1 \text{ м}}{110 \text{ экз.}} \approx 35 \text{ м.}$$

СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ С ЛИТЕРАТУРНЫМИ ДАННЫМИ

Имеется только три работы, в которых экспериментально определялась дистанция дрейфа некоторых видов донных беспозвоночных. По данным Уотерса (Waters, 1965), на малых водотоках штата Миннесота (США) средняя дистанция дрейфа для исследуемых *Baetis* sp. равна 50 м, а для *Gammarus* sp. — 60 м. Маклей (McLay, 1970), пересчитав данные Уотерса, уточнил, что дистанция дрейфа *Baetis* sp. может составлять 100 м, а *Gammarus* sp. — 130 м. Он отмечает, что для рек Новой Зеландии у различных видов поденок средняя дистанция дрейфа составляла от 0,5 до 19,3 м, максимальная — 45,7 м. По данным Эллиота (Elliott, 1971), в реках Англии средняя дистанция дрейфа у *Baetis* sp. и *Gammarus* sp. равна 20 м.

Таким образом, рассчитанная нами средняя дистанция дрейфа для *H. soldatovi*, составляющая примерно 200 м, является максимальной из всех приведенных в литературе величин. Видимо, на основном русле большой реки дистанция дрейфа некоторых видов беспозвоночных животных может быть еще выше.

Средняя дистанция дрейфа для *Capniidae* gen. sp. juv., равная 35 м, практически не отличается от приведенных для других видов.

Необходимо отметить, что, по сравнению с *H. soldatovi*, очень незначительный процент личинок *Capniidae* gen. sp. juv. участвовал в миграциях. Личинки веснянок в толще воды находились непродолжительное время и перемещались на расстояние примерно в 6 раз меньшее, чем личинки поденок. Вероятно, такие различия связаны с тем, что условия жизни на плесе более приемлемы для *Capniidae* gen. sp. juv., чем для *H. soldatovi*.

Тихоокеанский институт географии
ДВНЦ АН СССР

Поступила в редакцию
9 сентября 1977 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Леванидова И. М. Бентос притоков Амура (эколого-фаунистический очерк). — Изв. ТИНРО, 1968, 64, с. 181—289.
Elliott J. M. The distances travelled by drifting invertebrates in a Lake District stream. — *Oecologia*, 1971, 6, № 4, p. 350—379.
Hughes D. A. Some factors affecting drift and upstream movements of *Gammarus pulex*. — *Ecology*, 1970, 51, p. 301—305.
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.
Waters T. F. Interpretation of invertebrate drift in streams. — *Ecology*, 1965, 46, № 3, p. 327—334.