

**ДРИФТ АМФИПОДЫ *GAMMARUS KOREANUS* UÉNO, 1940
В КЛЮЧЕ ЯПОНСКОМ (БУХТА КИЕВКА ЯПОНСКОГО МОРЯ)**

**М.В. Астахов¹, А.Ю. Хаматова², А.А. Фененко², А.А. Луковенко²,
Э.В. Полетков²**

¹*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159,
Владивосток, 690022, Россия. E-mail: mvastakhov@mail.ru*

²*Дальневосточный федеральный университет, ул. Суханова, 8,
Владивосток, 690091, Россия.*

Показано, что сразу после паводков снижалось количество дрейфовавших амфипод, а совокупный вклад представителей других групп, наоборот, возрастал. В отсутствие паводка размерная структура дрейфующих амфипод варьировала статистически незначимо.

**DRIFT OF THE AMPHIPOD *GAMMARUS KOREANUS* UÉNO, 1940
IN THE YAPONSKIY BROOK (KIEVKA BAY OF THE JAPAN SEA)**

M.V. Astakhov¹, A.Yu. Hamatova², A.A. Fenenko², A.A. Lukovenko², E.V. Poletkov²

¹*Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Ave.,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: mvastakhov@mail.ru*

²*Far East Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia.*

Just after the floods the amount of drifting amphipods was reduced, while the total contribution of other groups was increased. In no-flood period the sizes of drifting amphipods is varied statistically insignificant.

Большинство исследователей бентоса водотоков подчеркивают важность изучения дрейфа беспозвоночных (например, Леванидова, Леванидов, 1962; Богатов, 1994; Müller, 1974 и др.). В соответствии с иной точкой зрения – «значение дрейфа сильно преувеличено» (Бродский, 1976). Согласно К.А. Бродскому (1976) этот процесс «сказывается главным образом на компонентах фауны потока, случайных и чуждых ... излюбленный объект исследователей дрейфа – бокоплавы – характерные обитатели родников, а не потоков». Возможно, такое мнение справедливо в отношении фауны водных объектов Средней Азии, где работал К.А. Бродский, но несостоятельно в отношении населения водотоков Дальнего Востока. На юге данного региона разногоние ракообразные «являются одними из массовых обитателей горных и предгорных рек» (Тиунова и др., 2003). Причем «во многих лососевых реках Южного Приморья ведущая роль в функционировании сообществ донных животных принадлежит» именно амфиподам (Богатов, 1991). Однако дрейфт представителей этой группы, по сравнению с дрейфом поденок, веснянок и хирономид, остается наименее изученным. Строго говоря, тезис о том, что разногоние ракообразные – «излюбленный объект исследователей дрейфа» справедлив только в отношении работ некоторых зарубежных коллег, в частности таких классиков как Т.Ф. Вотерс и Дж.М. Эллиотт (Waters, 1962, 1965; Elliott, 1971, 2002). Русскоязычных публикаций, хоть сколько-нибудь затрагивающих тему дрейфа амфипод немного. Это результаты работ, выполненных на реках Днепр (Мар-

ковский, Оливари, 1956), Дон (Мордухай-Болтовской, 1957), Ока (Неизвестнова-Жакина, 1937), Волга (Раушенбах, Бенинг, 1912; Бенинг, 1924; Ляхов, 1961; Константинов, 1969), Сытва (Паньков, 2007), Урал (Тарасов, Тарасова, 1997), а также на Алтае (Руднева, 1995) и Дальнем Востоке (Ключарева, 1963; Леванидов, Леванидова, 1979; Богатов, 1994; Самохвалов, 1995; Френкель, 2003; Живоглядов, 2004). Для периода в сто лет – это почти полный список. Наиболее развернутая информация представлена в работах В.В. Богатова (1994) и Л.В. Рудневой (1995). Сравнительно недавно на русском языке вышли две крупные монографии, посвященные бентосу лососевых рек. По итогам многолетних исследований в водотоках Тиманского кряжа (Республика Коми) В.Н. Шубина (2006) установила, что амфиподы «в дрефте отсутствовали», хотя, были найдены в бентосе. А по данным В.В. Чебановой (2009) на Камчатке «бокоплавы встречаются в толще воды крайне редко»; их доля в дрефте достигает 2–4 % по численности и 10–14 % по биомассе только в реках Начилова и Микочева (бассейн р. Большой). В то же время, согласно представленным автором таблицам, амфипода *Gammarus lacustris* является обычным видом предгорных и равнинных водотоков Камчатки (Чебанова, 2009).

Опыт зарубежных исследователей показал, что дрефт разноногих ракообразных наиболее удобно изучать на небольших водотоках – ручьях и малых реках. В данной работе представлены некоторые результаты исследования дрефта амфиподы *Gammarus koreanus* в небольшом ручье (ключе) бассейна Японского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование было проведено в июле 2013 г. в кл. Японский, впадающем в бухту Киевка Японского моря (рис. 1). Длина ключа около 1 км. Затененность русла древесной растительностью достигает 100 %. Перед впадением в море ключ выходит на поросший осоками участок взморья шириной не более 20 м. Дно коренного русла преимущественно гравийно-галечное; доля песчаного наполнителя возрастает в эрозионных ямах и перед

впадением в море. В отдельные периоды бывает замкнуто устье. Скорость течения в ключе обычно не превышает 0,6 м/с. Средняя ширина потока менее 1 м, средняя глубина ~0,2 м. Материал отбирали на участке шириной около 0,7 м и глубиной 0,1 м. В качестве ловчих орудий использовали два дрефтовых сачка (размер входной рамки – 190×85 мм; длина фильтрующего конуса – 650 мм; размер ячеей – 220 мкм), оснащенных съемными стаканчиками. В ходе работы сачки устанавливали входными отверстиями против течения, полностью погружая в толщу воды.

Сбор материала проводили в два этапа – с целью достижения соответствия с учебным планом полевой практики студентов-биологов ДВФУ (большинство авторов работы – студенты). На первом этапе материал собирали только в ночное время: сачок устанавли-

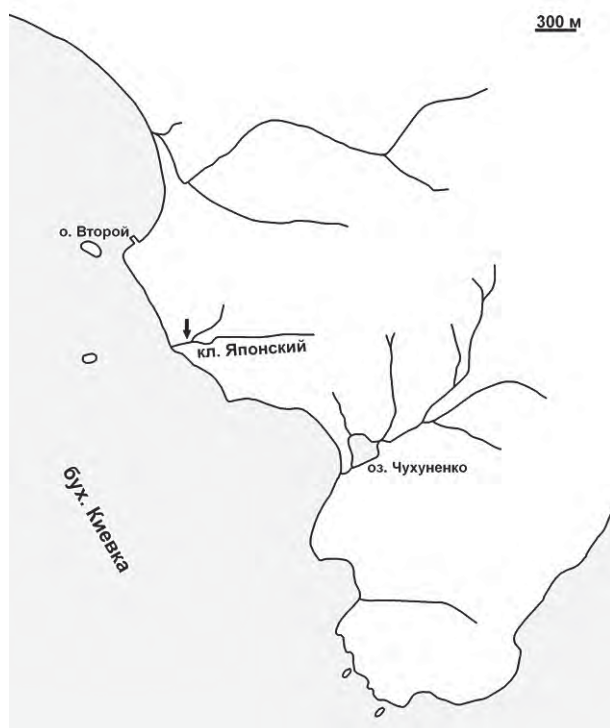


Рис. 1. Место сбора материала (указано стрелкой).

вали в конце вечерних сумерек, а снимали ранним утром. На втором этапе один сачок устанавливали на ночь, снимали утром; другой сачок устанавливали на день, снимали вечером. На I этапе было изучено пять проб (2, 6, 7, 8 и 9.07), на II – шесть (14, 15 и 16.07 – ночные; 15, 16 и 18.07 – дневные). Перерывы между первой и второй пробой I этапа, а также между предпоследней и последней пробами II этапа связаны с прохождением паводков. Во время паводка, начавшегося 3.07, на море был шторм. Пробы просматривали под бинокулярным микроскопом МБС-10. Проводили тотальный подсчет беспозвоночных (1246 экз. – I этап и 897 экз. – II этап), а также определяли их общую массу (с точностью до 1 мг). Кроме того, на II этапе измеряли общую длину представителей доминирующей группы (с точностью до 0,1 мм).

При анализе материала даты отбора проб были закодированы: 1Н1, 1Н2, 1Н3, 1Н4, 1Н5 – ночные пробы I этапа; 2Н1, 2Н2, 2Н3 – ночные и 2Д1, 2Д2, 2Д3 – дневные пробы II этапа. Обработку данных осуществляли в программах PAST 2.16 и Microsoft Excel 2003. Для оценки вероятности нормального распределения данных использовали критерий Шапиро–Уилка. Нулевую гипотезу об отсутствии различий между ночным и дневным сносом по количественным показателям проверяли на основе критерия χ^2 . Нулевую гипотезу о равенстве долей животных разных размерных групп в дневном и ночном дрейфе оценивали по отношению разности выборочных долей к её ошибке (Z-критерий). При вычислении эмпирических значений двух последних критериев использовали поправку Йетса (Гланц, 1999). Сравнение между выборками промеров проводили посредством критерия Крускала–Уоллиса. В случае выявления различий, для последующих парных сопоставлений использовали тест Манна–Уитни с поправкой Бонферрони на множественность сравнений. Все статистические тесты проводили для уровня значимости 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В пробах I этапа были обнаружены беспозвоночные 13 крупных таксонов: 9 водных – Amphipoda, Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Oligochaeta, Gordeacea, Turbellaria, Coleoptera (larvae Elmidae и Donaciinae) и 4 наземных – Hymenoptera (Symphyta и Apocrita), Aranei (Lycosidae), Gastropoda (Bradybaenidae и Discidae), Dermaptera (Forficulidae). По количественным показателям доминировали гидробионты, главным образом амфипода *G. koreanus* (Gammaridae), а также ручейники семейства Lepidostomatidae и представители отряда двукрылых (Chironomidae подсемейства Tanypodinae, Limoniidae, Athericidae, Pediciidae, Dixidae). Олигохеты (Naididae), поденки (Heptageniidae), веснянки (Cloroperlidae и Nemouridae) и другие встречались единично. На II этапе были найдены животные 8 крупных таксонов, из них половину составили наземные беспозвоночные: Aranei (Araneidae), Coleoptera (Curculionidae), Gastropoda (Succineidae) и Homoptera (Aphidinea). Таксономическое разнообразие водных беспозвоночных по сравнению с I этапом снизилось вдвое (рис. 2). По-прежнему доминировали разноногие ракообразные и часто встречались ручейники (Lepidostomatidae и Rhyacophilidae). Из двукрылых были обнаружены лишь Pediciidae и Chironomidae (Tanypodinae). Среди поденок, как и на I этапе, найдены были только Heptageniidae. Наибольшее разнообразие в пробах обоих этапов наблюдалось в случае, если в предыдущие сутки стояла ясная погода.

Характер влияния погодных условий на количественные показатели дрейфа остался неопределенным. Например, на I этапе наибольшее и наименьшее количество дрейфтеров было поймано в ночные периоды, когда погодные условия были одинаковыми – пасмурно и сильный туман. В светлое время суток (II этап), если днем было малооблачно, а к вечеру пасмурно (морось), то дрейфовало наибольшее количество беспозвоночных, если же погодные условия складывались в обратном порядке, то – наименьшее.

Неоднозначным было влияние и паводковых явлений. По имеющимся данным трудно судить о воздействии-невоздействии паводка на вариабельность таксономического разнообразия дрейфтеров (рис. 2), однако очевидна роль этого экстремального события в

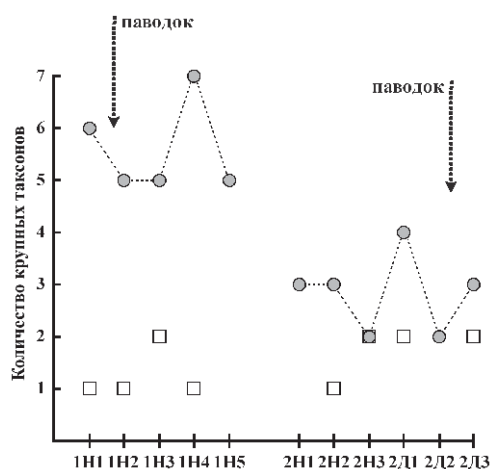


Рис. 2. Динамика таксономического состава сиртона кл. Японский. Кругами обозначены водные, квадратами — наземные беспозвоночные. По оси абсцисс: 1Н1, 1Н2, 1Н3, 1Н4 и 1Н5 — ночные пробы 2, 6, 7, 8 и 9.07; 2Н1, 2Н2 и 2Н3 — ночные пробы 14, 15 и 16.07; 2Д1, 2Д2 и 2Д3 — дневные пробы 15, 16 и 18.07, соответственно.

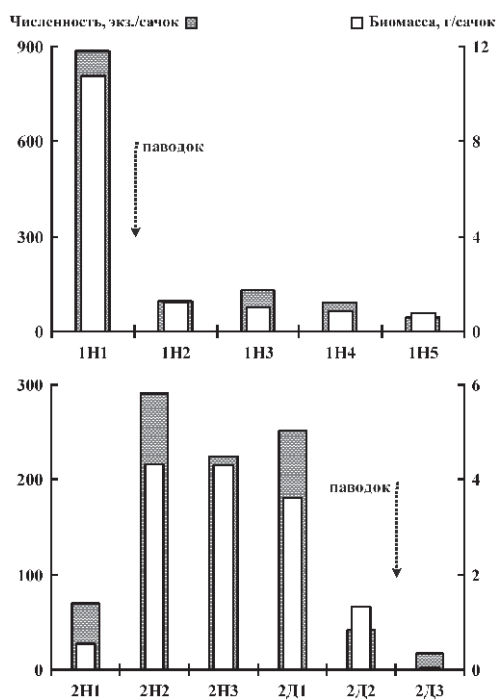


Рис. 3. Динамика дрейфа беспозвоночных в кл. Японский. Обозначения по оси абсцисс как на рис. 2.

изменении общих количественных показателей (рис. 3). То, что сразу после прохождения паводков снижается численность и биомасса дрейфующих беспозвоночных известно давно (например, Богатов, 1994). В кл. Японский наиболее сильное снижение количественных характеристик дрейфа произошло в ходе «штормового» паводка 3-го июля (рис. 3). Последствия паводка, прошедшего 17-го июля были гораздо менее значительными. Интересно следующее: после прохождения обоих паводков количество дрейфовавших *G. koreanus* снижалось, а совокупный вклад представителей других групп, наоборот, возрастал (рис. 4). Объяснение данному феномену нами пока не найдено.

Принято считать, что по сравнению со светлым, в темный период суток дрейфует больше водных организмов (Леванидова, Леванидов, 1962; Чебанова, 2009). Для статистической оценки справедливости данного положения в отношении дрейфа в кл. Японский мы рассмотрели нулевую гипотезу об отсутствии различий между количественными

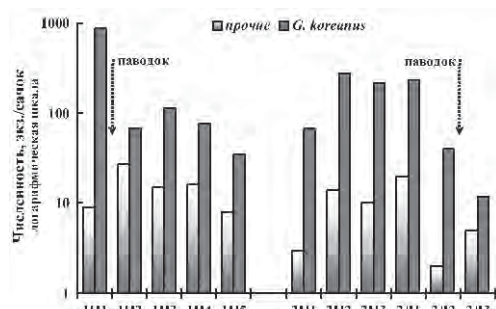


Рис. 4. Соотношение численности *Gammarus koreanus* и представителей прочих групп. Обозначения по оси абсцисс как на рис. 2.

показателями ночного и дневного сноса амфиподы *G. koreanus*. Предварительно мы представили данные разных дат в виде двух групп (ночь vs. день). Справедливой оказалась альтернативная гипотеза ($\chi^2 = 107$; $p < 0,001$). Это согласуется с некоторыми сведениями, представленными в литературных источниках. Так, в реках бассейна Верхней Оби дрейф донных беспозвоночных, в том числе и амфипод, имел ярко выраженную приуроченность к ночному периоду (Руднева, 1995). А по данным из рек Ухта и Пильда (бассейн Нижнего Амура) дрейф *G. lacustris* вообще происходил только в темное время

суток (Богатов, 1994). Однако разноногие ракообразные могут отдавать предпочтение и дневным миграциям. Например, в волжской протоке Каюковка и сахалинской р. Ударница показатели дневного сноса амфипод превышали соответствующие ночные (Константинов, 1969; Живоглядов, 2004). В целом тип дрейфа (дневной или ночной) может быть подвержен сезонной изменчивости (Астахов, 2014). Наши исследования в р. Кедровой (бассейн Японского моря) показали, что амфипода *G. koreanus* осенью встречалась только среди ночных мигрантов, а летом и весной могла дрейфовать также в светлое время суток.

Изучение дрейфа амфипод из кл. Японский мы расширили путем привлечения сведений о размерной структуре пойманных животных. Оказалось, что распределение результатов измерений общей длины *G. koreanus* соответствует нормальному закону только

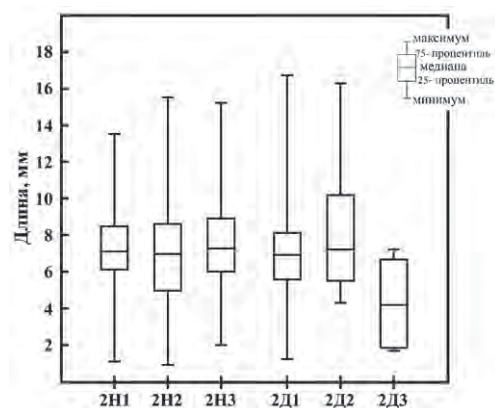


Рис. 5. Диапазоны распределения промеров *Gammarus koreanus*. Обозначения по оси абсцисс как на рис. 2.

в выборке 2Д3 (тест Шапиро-Уилка $W = 0,895$; $p(\text{normal}) = 0,138$), а в остальных – нет (все $p(\text{normal}) < 0,05$), поэтому при визуализации в качестве мер положения были избраны не средние значения, а медианы (рис. 5). На полученной диаграмме диапазонов различия между распределением результатов промеров в разные даты, особенно для ночных проб, неочевидны, однако наблюдается некоторое смещение медианы 2Д3 в сторону наименьшего (рис. 5). Действительно, сравнение ночных выборок по критерию Крускала-Уоллиса позволило сразу принять нулевую гипотезу об отсутствии значимых различий ($H = 4,04$; $p = 0,133$). Различие же в группе дневных сборов ($H = 15,7$; $p < 0,001$) оказалось опосредовано влиянием выборки 2Д3, полученной 18-го июля, когда дрейфовали особи значительно меньших размеров, чем

15-го (тест Манна-Уитни; $p < 0,001$), или 16-го ($p < 0,001$). Парное сопоставление двух последних выборок различий не показало ($p = 0,473$), не выявило различий и их сравнение с группой ночных сборов ($H = 9,30$; $p = 0,054$). Таким образом, в отсутствие паводка размерная структура дрейфующих амфипод в смежные даты сборов (даже в разные периоды суток) варьировала статистически незначимо. Мы полагаем, что специфика дневной выборки 18-го июля является следствием воздействия прошедшего накануне паводка, во время которого, возможно, крупные особи были элиминированы, а животные меньших размеров остались в ключе, поскольку им проще найти убежище. Также нужно принять во внимание и вероятность того, что независимо от влияния паводка особи младших размерных групп сами по себе могут быть более склонны к дневным миграциям. Для проверки последнего предположения животные были разделены на две условные размерные группы – молодь (< 7 мм) и крупных (≥ 7 мм). Данная процедура проводилась на основе анализа частотного распределения результатов измерений. Последовавший затем расчет пропорций показал, что в ночном сносе участвует больше крупных (55,5 % от общего количества *G. koreanus*, мигрировавших ночью), а в дневном – больше мелких особей (51,8 % от общего количества амфипод, мигрировавших днем). Однако эти различия оказались статистически незначимы ($Z_{(2)} = 1,84$; $p = 0,066$). Более того, выяснилось, что в целом в сборах из кл. Японский чаще встречались амфиподы старшей размерной группы – 61,7 % от общего. Вклад молодежи составил лишь 38,3%. В данном случае преобладание крупных особей очевидно и без привлечения методов статистического анализа. Заметим, что согласно литературным источникам чаще наблюдается обратная картина. По данным Л.В. Рудневой (1995), в алтайских водотоках сильнее «подвержены миграциям» амфиподы млад-

ших размерно–возрастных групп. Более высокую миграционную активность ювенильных амфипод отмечал и В.В. Богатов (1994) – в реках бассейна Нижнего Амура. Результаты, полученные нами, возможно, обусловлены совпадением времени нашего исследования с периодом естественного взросления *G. koreanus*, когда в связи с сезонным изменением размерно–возрастной структуры популяции доля крупных особей увеличивается.

Изложенное выше позволяет сделать следующие выводы:

От погодных условий может зависеть таксономическое разнообразие сиртона. Наибольшее разнообразие среди дрейфтеров кл. Японский наблюдалось в случае, если в предыдущие сутки стояла ясная погода. Что касается воздействия паводков, то можно отметить, что после их прохождения снижалось количество дрейфовавших *G. koreanus*, а совокупный вклад представителей других групп, наоборот, возрастал. В смежные даты сборов (при отсутствии паводка) размерная структура дрейфующих амфипод варьировала статистически незначимо. В ночное время в ключе мигрировало значимо большее количество амфипод. Особи младших размерных групп склонны к дневным миграциям не более чем крупные – к ночным.

Благодарности

Авторы признательны к.б.н. Ю.А. Мельниковой (Хинганский ГПЗ) за помощь в изготовлении дрейфовых сачков, PhD Т.С. Вшивковой, М.А. Макаrenchенко, к.б.н. Д.А. Сидорову, д.б.н. В.А. Тесленко и д.б.н. Т.М. Тиуновой (БПИ ДВО РАН) за консультации по определению беспозвоночных, директору МБС «Заповедное» ДВФУ Д.Н. Кравченко за содействие в размещении на территории станции.

ЛИТЕРАТУРА

- Астахов М.В. 2014.** Дрифт беспозвоночных на предгорном участке реки Кедровая (Приморский край) в теплый период года // Биология внутренних вод, № 1. С. 52–59.
- Бенинг А.Л. 1924.** К изучению придонной жизни Волги. Саратов. 398 с.
- Богатов В.В. 1991.** Рост и продукция амфипод в реках Южного Приморья // Гидробиологический журнал. Т. 27, №. 1. С. 39–46.
- Богатов В.В. 1994.** Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.
- Бродский К.А. 1976.** Горный поток Тянь-Шаня (эколого-фаунистический очерк). Л.: Наука. 244 с.
- Гланц С. 1999.** Медико-биологическая статистика. М.: Практика. 459 с.
- Живоглядов А.А. 2004.** Структура и механизмы функционирования сообществ рыб малых нерестовых рек острова Сахалин. М.: Изд-во ВНИРО. 128 с.
- Ключарева О.А. 1963.** О скате и суточных вертикальных миграциях донных беспозвоночных Амура // Зоол. ж. Т. 42. Вып. 11. С. 1601–1612.
- Константинов А.С. 1969.** Сиртон и бентосток Волги близ Саратова в 1966 году // Зоол. ж. Т. 48. Вып. 1. С. 20–29.
- Леванидов В.Я., Леванидова И.М. 1979.** Дрифт водных насекомых в реке Амур // Систематика и экология рыб континентальных водоемов Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 3–26.
- Леванидова И.М., Леванидов В.Я. 1962.** К вопросу о миграциях донных беспозвоночных в толще воды дальневосточных рек // Изв. ТИНРО. Т. 48. С. 178–189.
- Ляхов С.М. 1961.** Бентосток в Волге у Куйбышева до зарегулирования ее стока // Тр. Всесоюз. гидробиол. общ-ва. Т. XI. С. 150–161.

- Марковский Ю.М., Оливари Г.А. 1956.** Бентосток и динамика бентоса среднего Днепра в вершине будущего Кременчугского водохранилища // Зоол. ж. Т. 35. Вып. 6. С. 820–832.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д. 1957.** О суточных вертикальных миграциях донных беспозвоночных в Дону и значение их в биостокке рек // Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН АН СССР. Вып. 7.
- Неизвестнова-Жакина Е.С. 1937.** Распределение и сезонная динамика биоценозов речного русла и методы их изучения // Изв. АН СССР. Отделение математических и естественных наук. Серия биологическая. Вып. 4. С. 1247–1275.
- Паньков Н.Н. 2007.** Основные итоги изучения дрейфа реки Сылвы // Вестн. Пермск. Ун-та. № 5(10). С. 83–89.
- Раушенбах В.А., Бенинг А.Л. 1912.** Заметка о зимнем планктоне реки Волги под Саратовом // Работы волжской биологической станции. Т. IV, № 1. С. 1–56.
- Руднева Л.В. 1995.** Зообентос горных водотоков бассейна Верхней Оби: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск. 24 с.
- Самохвалов В.Л. 1995.** Руслообразовательные процессы и концепция континуума населения водотока. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 64 с.
- Тарасов А.Г., Тарасова Г.В. 1997.** Бентосток нижней части среднего течения р. Урал // Биология внутренних вод. № 1. С. 59–64.
- Тиунова Т.М., Хлебородов А.С., Тиунов И.М. 2003.** Некоторые аспекты питания и распределения *Gammarus koreanus* Ueno, 1991 (Crustacea, Amphipoda) в реке Кедровая (южное Приморье) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 117–126.
- Френкель С.Э. 2003.** Межгодовая динамика дрейфа донных беспозвоночных в р. Ударница (Южный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 107–116.
- Чебанова В.В. 2009.** Бентос лососевых рек Камчатки. М.: ВНИРО. 172 с.
- Шубина В.Н. 2006.** Бентос лососевых рек Урала и Тимана. СПб.: Наука. 401 с.
- Elliott J.M. 1971.** The distances travelled by drifting invertebrates in a Lake District stream // Oecologia. V. 6. P. 350–379.
- Elliott J.M. 2002.** The drift distances and time spent in the drift by freshwater shrimps, *Gammarus pulex*, in a small stony stream, and their implications for the interpretation of downstream dispersal // Freshwater Biology. V. 47. P. 1403–1417.
- Müller K. 1974.** Stream drift as a chronological phenomenon in running water ecosystems // Annual Review of Ecology and Systematics. N. 5. P. 309–323.
- Waters T.F. 1962.** Diurnal periodicity in the drift of stream invertebrates // Ecology. V. 43. P. 316–320.
- Waters T.F. 1965.** Interpretation of invertebrate drift in streams // Ecology. V. 46. P. 327–333.