

**ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ЗООБЕНТОСА Р. ДУКЧА (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)  
И ЕЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ С НЕКОТОРЫМИ АБИОТИЧЕСКИМИ  
И БИОТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ СРЕДЫ**

**Е.В. Хаменкова<sup>1</sup>, А.Б. Крашенинников<sup>1,2</sup>, Д.А. Кондакова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт биологических проблем Севера ДВО РАН,  
ул. Портовая, 18, г. Магадан, 685000, Россия. E-mail: tauy@mail.ru*

<sup>2</sup>*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Букирева, 15, г. Пермь, 614990, Россия. E-mail: krashennikov2005@yandex.ru*

Динамика параметров зообентоса в течение сезона зависит как от особенностей жизненных циклов отдельных видов, формирующих структуру конкретного донного сообщества, так и от абиотических факторов среды, основным из которых традиционно считается динамика уровня воды (половодья, паводки, межень). Между тем, достоверных статистических данных, отражающих взаимосвязь между уровневными режимами водоема и изменением количественных показателей зообентоса в литературе практически нет.

В ходе работы была сделана попытка показать взаимосвязь между сезонной изменчивостью количественных характеристик зообентоса и динамикой уровня и расхода воды на примере р. Дукча (Магаданская область). Проведен корреляционный анализ количественных характеристик между отдельными группами зообентоса.

Установлено, что уровень и расход воды могут не оказывать влияния на динамику количественных характеристик зообентоса. Предложено объяснение обстоятельств, при которых возможно такое развитие событий. Выявлено, что корреляция между численностью и биомассой отдельных групп бентоса, значительно выше, чем с уровнем и расходом воды. Получены первые статистически достоверные значения численности и биомассы зообентоса малого лососевого водотока Северного побережья Охотского моря, показано, что они почти в два раза выше, чем раньше указывалось для этого региона.

**THE DYNAMICS OF QUANTITATIVE INDICES OF ZOOBENTHOS  
AND ITS RELATIONSHIP WITH SOME ABIOTIC AND BIOTIC  
ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE DUKCHA RIVER  
(MAGADAN REGION)**

**E.V. Khamenkova<sup>1</sup>, A.B. Krashenninnikov<sup>1,2</sup>, D.A. Kondakova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Biological Problems of the North FEB RAS,  
18 Portovaya St., Magadan, 685000, Russia. E-mail: tauy@mail.ru*

<sup>2</sup>*Perm State University, 15 Bukireva St., Perm, 614990, Russia. E-mail: krashenninnikov2005@yandex.ru*

The dynamics of zoobenthos parameters during the season depends both on the characteristics of the life cycles of separate species, which form the structure of a particular bottom community, and on abiotic factors, the main of which is traditionally considered to be the dynamics of the water level (snowmelt floods, high water, low water). Meanwhile, there is practically no reliable statistical data in literature, reflecting the correlation between the water levels and the changes quantitative indices of zoobenthos.

In the course of the work, an attempt was made to show the relationship between the seasonal variability of the quantitative characteristics of zoobenthos and the dynamics of the water level and discharge on the example of the Dukcha River (Magadan Region). Correlation analysis of quantitative characteristics between individual groups of zoobenthos was carried out.

It was found that the water level and discharge may not affect the dynamics of the quantitative characteristics of zoobenthos. An explanation of the circumstances under which such a development of events is possible is proposed. It was revealed that the correlation between the abundance and biomass of individual groups of benthos is significantly higher than with the water level and discharge. The first statistically reliable values of the abundance and biomass of the zoobenthos of the small salmon watercourse on the Northern coast of the Sea of Okhotsk were obtained; it was shown that they are almost twice as high as previously indicated for this region.

Региональные черты ритрона Дальнего Востока описаны еще во второй половине 20 века, когда в обзорной работе «Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока» были представлены общие характеристики макрозообентоса дальневосточных рек, в том числе средние значения биомассы для разных районов (Леванидов, 1981). Несомненно, с этого времени появилось много новых данных для пресноводных экосистем не только Дальнего Востока, но и других регионов. Между тем, сезонных или годовых сборов среди них, по-прежнему, мало. Имеющиеся сведения указывают, что колебания количественных характеристик зообентоса в течение года или только периода открытой воды могут быть значительными (Барышев, 2019; Паньков, 2004; Хаменкова, Тесленко, 2017 и др.). Такая изменчивость обусловлена многими биотическими и абиотическими факторами среды. Среди них основными выступают особенности жизненных циклов и режим уровня воды в реке (Богатов, 1994; Шубина, 2006; Тиунова, 2008; Алимов и др., 2013; Барышев, 2019). Последний фактор, непосредственно влияет на увеличение скорости течения, и, следовательно, на интенсивность воздействия водного потока на донных обитателей. Этот механизм воздействия хорошо описан в работах, посвященных изучению дрейфа (Богатов, 2013; Богатов и др., 2013). Кроме того, уровень воды неизбежно оказывает влияние на площадь дна, где в фазу межени происходит концентрация организмов, а при разливе реки – их распределение на большей площади русла (Богатов, 1994; Барышев, Веселов, 2007, 2019; Алимов и др., 2013). Высокая изменчивость численности и биомассы зообентоса при традиционном подходе к сбору гидробиологических проб (один раз в две недели), до настоящего времени, не позволяла получить статистически достоверные значения корреляции между обилием зообентоса и факторами среды. Цель работы – получить статистически достоверные значения численности и биомассы основных групп макрозообентоса малого лососевого водотока на северном побережье Охотского моря (р. Дукча) и оценить влияние уровня и расхода воды на их динамику в период открытой воды.

### Материалы и методы

Река Дукча – малый лососевый водоток, протяженностью 36 км и площадью водосбора 332 км<sup>2</sup> (Ресурсы..., 1967), протекает в Ольском районе Магаданской области и впадает в бухту Гертнера на северном побережье Охотского моря. Грунт реки представлен мелкой и средней галькой, в среднем и верхнем течении распространены валунные участки. Температура воды в течение безледного периода не поднимается выше 9 °С. Обследованный участок реки в соответствии с классификацией И. Иллиеса и Л. Ботошяну, представляет собой ритраль (Illies,

Botosaneanu, 1963). Отбор проб осуществлялся в нижнем течении, в 1 км от устья, в районе расположения гидрометрического створа Колымского управления Гидрометеослужбы (КУГМС), классическими гидробиологическими методами с использованием модифицированного бентометра В.Я. Леванидова, с площадью захвата 0,0625 м<sup>2</sup> (Тиунова, 2003) в период открытой воды с 15 мая по 13 ноября 2019 г. Согласно Н.Ю. Соколовой и А.И. Баканову (1982) для изучения продукции макрозообентоса (на примере личинок хирономид) рекомендована следующая частота сбора проб: летом – 1 раз в неделю; весной и осенью – раз в две недели; зимой – 1 раз в месяц. Минимальное количество станций отбора – 4. Расчет необходимого количества проб учитывает отношение величины стандартной ошибки (S) и средней арифметической. Для большинства водотоков средние величины численности и биомассы могут быть получены с ошибкой 10–20%. Количество проб (n), необходимое для получения данных с этой точностью, вычисляется по формуле (Баканов, 1978):

$$n = \frac{\sigma^2}{s^2}, \text{ где } \sigma - \text{стандартное отклонение.}$$

Величина  $\sigma$  рассчитана на основе данных, полученных ранее (Хаменкова, 2015; Хаменкова, Тесленко, 2017) для р. Ола (Магаданская область). Периодичность отбора проб составила один раз в неделю, на участке русла отбиралось по 4 пробы на удалении друг от друга около 3 м. Всего было собрано 25 серий и 95 количественных проб бентоса. Данные об изменении уровня и расхода воды получены в КУГМС. Для выявления связи между этими абиотическими факторами среды и обилием бентосных групп проведен корреляционный анализ в программе Past 4.03. В качестве меры связи между параметрами выбраны коэффициенты линейной корреляции Пирсона, ранговой корреляции Спирмена и Кендалла. Последние рассматривались, поскольку могут улавливать и нелинейные связи.

### Результаты и обсуждение

Основной предпосылкой к построению гипотезы о значительном влиянии уровневых режимов на динамику количественных характеристик зообентоса и, соответственно, желании ее подтвердить или опровергнуть, были наши результаты, полученные для р. Ола (Магаданская область) в 2011–2013 гг. (Хаменкова, 2015; Хаменкова, Тесленко, 2017; Хаменкова и др., 2017). Известно, север Дальнего Востока отличается широким распространением вечной мерзлоты, причем сплошная криолитозона достигает 60° с.ш., и лишь вдоль побережья северной части Охотского моря и южнее, многолетнемерзлые породы имеют островной или прерывистый характер. Такие условия неизбежно оказывают влияние на динамику речных гидрологических процессов. Увеличивающийся в ходе весеннего снеготаяния или летних осадков речной сток, поддерживается водоупорными грунтами криолитозоны, а отсутствие естественного зарегулирования в подавляющем большинстве рек приводят к тому, что вода не имеет возможности уходить в грунт или пойменные системы, а распределяется по поверхности речного русла. В результате, ширина речных русел может иметь колоссальные колебания (Аржакова, 2001). Так, для р. Ола ширина русла в эпи- и гипоритрали может увеличиваться от 2–5 м в межень до >100–250 м во время подъема уровня воды в период катастрофических паводков (Рис. 1).

Такие колебания ширины речного русла, и, следовательно, площади дна, доступной для заселения, не могут не сказываться на динамике количественных



Рис. 1. Р. Ола (Магаданская область). Ширина русла и пойма реки в период межени

характеристик зообентоса. Сокращение площади речного русла в верховьях р. Ола рассматривалось в качестве возможной причины роста численности и биомассы зообентоса до  $15 \text{ г/м}^2$ , – величины, вдвое превышающей средние значения, принятые для маловидовых сообществ ритрона Северной части Дальнего Востока (Леванидов, 1981; Хаменкова, 2015). Концентрация донного населения на небольших обводненных участках в период межени отмечена также в р. Большая Уя (южная Карелия), что, несомненно, приводит к колебаниям количественных характеристик донных сообществ (Барышев, 2008). Естественная зарегулированность стока учитывается как фактор, сглаживающий паводковые явления и, потому благоприятный для развития зообентоса (Леванидова, 1982).

Прежде чем оценить влияние абиотических факторов на динамику количественных показателей зообентоса, мы проверили наличие корреляции между уровнем воды, расходом воды и площадью дна, доступного для заселения зообентосом. В ходе анализа было выявлено, что значимая положительная взаимосвязь наблюдается между уровнем и расходом воды ( $r_s = 0,97168$ ;  $p = 4,59\text{E-}60$ ), а связь между уровнем или расходом воды и площадью дна достоверно низкая. Это может быть обусловлено тем, что выбранный участок реки в месте отбора проб имеет четкие береговые границы, незначительно меняющиеся даже при максимальных значениях уровня воды, при этом критического осушения русла летом не происходит. Иными словами, уменьшение площади дна, доступной для заселения, не наблюдается на протяжении всего периода открытой воды, вода покрывает речное дно на этом участке реки всегда. При таких обстоятельствах, основным действующим фактором при подъеме уровня режима может оставаться интенсивность потока, т.е. сила его воздействия на грунт и донных обитателей.

По полученным результатам динамика численности и биомассы зообентоса в нижнем течении р. Дукча в период открытой воды 2019 г. была представлена несколькими пиками. По численности отмечен один продолжительный подъем в июле и значительно меньший и неравномерный подъем в октябре – начале ноября. Изменчивость показателей биомассы проявлялась сильнее: основной рост установлен в конце мая, начале июля и в сентябре, тогда как общая тенденция снижения и минимальные значения наблюдались в августе (Рис. 2).

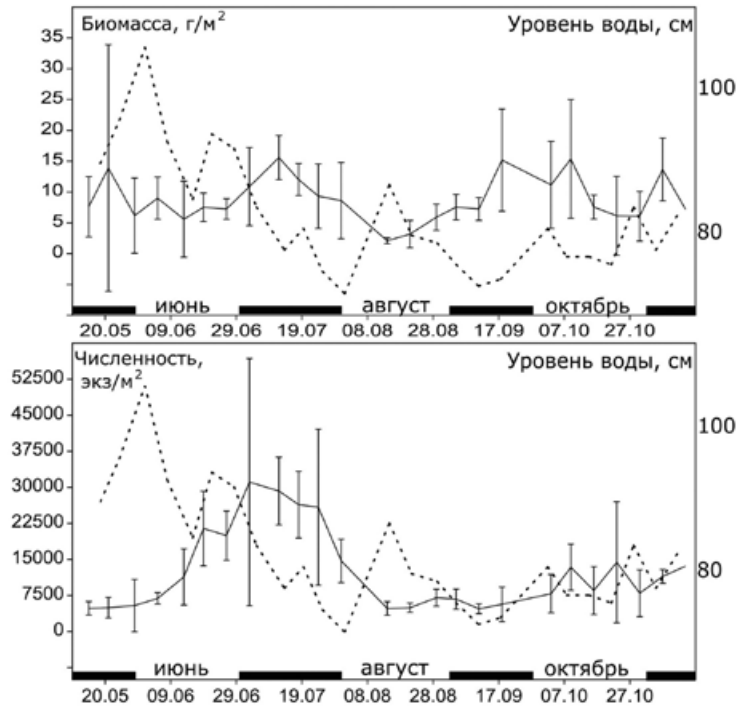


Рис. 2. Средние значения и стандартное отклонение общей численности и биомассы макрозообентоса в р. Дукча в период исследований. Пунктирной линией обозначен уровень воды

Средние значения численности и биомассы составили соответственно  $12\ 642,6 \pm 10\ 827,8$  экз./м<sup>2</sup> ( $S = 8,8\%$ ) и  $9,0 \pm 6,6$  г/м<sup>2</sup> ( $S = 7,5\%$ ). Полученные значения биомассы превышают величины, ранее установленные для ритрона северной части Дальнего Востока почти вдвое (Леванидов, 1981).

Корреляционный анализ между динамикой общей численности и биомассы и изменениями уровня и расхода воды вновь не показал достоверной связи. В ходе работ в составе донного сообщества нижнего течения р. Дукча было выявлено 15 групп бентоса принадлежащих 2 классам, 5 отрядам и 9 семействам. Доля каждой группы зообентоса в структуре сообщества в течение сезона заметно изменялась. Например, рост биомассы хирономид 24 июля сопровождался снижением биомассы блефаридерид и ручейников. Это может означать, что и связь разных групп с абиотическими факторами, по-видимому, также различалась. Мы провели корреляционный анализ между численностью и биомассой выявленных групп бентоса и значениями уровня и расхода воды. Корреляция  $>0,3$  была выявлена лишь для некоторых двукрылых и ручейников (Табл. 1). Незначительная положительная корреляция наблюдалась между численностью (N) и биомассой (B) блефаридерид, мошек, *Chelifera* sp. и расходом воды. В то же время, связь между численностью блефаридерид и уровнем воды была недостоверной. Отрицательная корреляция наблюдалась между биомассой хирономид, эмпирид, численностью эмпирид, дикранот, ручейников и уровнем и расходом воды.

Интересно отметить достоверную положительную корреляцию между уровнем и расходом воды и численностью и биомассой блефаридерид и мошек (Табл. 1). Эти группы являются типичными обитателями валунов и прикрепляются к ним с помощью присосок на стадиях личинки и куколки. Мы отбирали пробы исключительно с гальки бентометром. Увеличение численности и биомассы этих двукрылых

Таблица 1

Значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена между обилием бентосных групп, расходом и уровнем воды в р. Дукча

Коэффициент корреляции Спирмена				
Расход воды	0,38608	B Blephariceridae	0,36182	Уровень воды
	0,32654	N Blephariceridae	Связь не достоверна	
	-0,33569	B Chironomidae	-0,32871	
	0,35151	B Simuliidae	0,31548	
	0,49984	N Simuliidae	0,47134	
	-0,4319	N Trichoptera	-0,50595	
	-0,36916	N Empididae	-0,33622	
	-0,42699	B Empididae	-0,41058	
	-0,47531	N <i>Dicranota</i> sp.	-0,49386	
	0,46315	N <i>Chelifera</i> sp.	0,46326	
	0,46432	B <i>Chelifera</i> sp.	0,46442	

Примечание. В таблице показаны только те группы, для которых, хотя бы с одним из параметров наблюдалась достоверная корреляция  $>0,3$ . Большие значения корреляции в соответствующей паре выделены цветом.

вероятнее всего свидетельствует об усилении механического воздействия потока на валуны, за счет чего личинки и куколки срывались на участки галечного грунта, не совсем типичные для этих бентосных групп. Для некоторых групп бентоса корреляция их обилия с режимом воды была отрицательной. Например, при подъеме уровня/расхода воды снижалась численность ручейников, биомасса хирономид, биомасса и численность эмпидид. В то же время, численность и биомасса двукрылых рода *Chelifera* показали положительную корреляцию с водным режимом.

При слабой корреляции обилия бентосных групп с расходом и уровнем воды, биотические связи в рассматриваемом сообществе выражены сильнее (Табл. 2). Достоверная корреляционная зависимость была отмечена между численностью и биомассой поденок, веснянок, мошек, клещей и блефаридерид. Наиболее сильные связи выявлены с помощью применения статистики Спирмена, значения коэффициентов корреляции Спирмена чаще, чем в статистике Пирсона и Кендалла превышали 0,5. Это говорит о наличии нелинейной связи.

### Заключение

Представленные в литературе сведения о влиянии уровневых режимов на динамику численности и биомассы зообентоса носят преимущественно теоретический характер. Зачастую, достоверные результаты, полученные в ходе изучения динамики дрефта, чаще чем, при непосредственном изучении взаимосвязи между количественными характеристиками бентоса и динамикой уровня воды или ее расхода, экстраполируются на все гидробиологические работы, связанные с оценкой количественных характеристик донных сообществ. Проведенные работы, позволяют понять, что такие, важные для донных сообществ абиотические факторы, как уровень и расход воды, не всегда оказывают заметное влияние на динамику их количественных характеристик. Установлено, что в условиях, когда площадь речного дна, покрытого водой, меняется незначительно, уровень и расход воды слабо влияют на общую динамику обилия бентоса. Уровень и расход воды в боль-

Таблица 2

**Значения коэффициентов корреляции между обилием различных групп бентоса в р. Дукча**

Параметр	Таксон	Статистика Пирсона	Статистика Спирмена	Статистика Кендалла	Таксон	Параметр
Биомасса	Ephemeroptera	0,30383	0,54593	0,39731	Blephariceridae	Биомасса
	Ephemeroptera	0,30771	0,5261	0,40217	Simuliidae	
	Plecoptera	0,31907	0,62624	0,45405	Blephariceridae	
	Plecoptera	0,45716	0,52038	0,37085	Chironomidae	
	Plecoptera	–	0,62087	0,4252	Ephemeroptera	
	Simuliidae	0,37003	0,55576	0,43255	Blephariceridae	
	Acarina	0,50683	0,33195	–	Chironomidae	
	Численность	Blephariceridae	–	0,63712	0,5062	Simuliidae
		Chironomidae	0,54702	0,65305	0,46513	Plecoptera
		Ephemeroptera	0,32083	0,56362	0,42253	Blephariceridae
		Ephemeroptera	–	0,52052	0,3855	Simuliidae
		Plecoptera	–	0,53772	0,3954	Blephariceridae
		Plecoptera	0,30276	0,62577	0,43895	Chironomidae
		Plecoptera	–	0,50602	0,36399	Simuliidae
Simuliidae		0,59071	0,60728	0,49873	Blephariceridae	
Численность		Chironomidae	0,56087	0,53599	0,38294	Acarina
		Plecoptera	0,60354	0,59505	0,42543	Chironomidae
	Simuliidae	0,62254	0,66769	0,55726	Blephariceridae	

Примечание. Указаны пары, где хотя бы один коэффициент >0,5 по модулю. Показаны только достоверные значения.

шей степени коррелирует с обилием отдельных групп бентоса и их динамикой. Изменения обилия зообентоса в р. Дукча в период открытой воды представлены двумя пиками численности и несколькими пиками биомассы. Показано, что влияние отдельных групп зообентоса друг на друга (биотические связи) может быть выше, чем воздействие водного режима. Наибольшая корреляция между количественными показателями наблюдалась у веснянок и хирономид, а также мошек и блефаридерид. Статистически достоверные значения численности и биомассы макрозообентоса в р. Дукча оказались почти вдвое выше, чем указывалось ранее для зообентоса водотоков Северного побережья Охотского моря.

### Литература

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. 2013. Продукционная гидробиология. СПб.: Наука. 343 с.  
 Аржакова С.К. 2001. Зимний сток рек криолитозоны России. СПб: РГТМУ. 209 с.  
 Баканов А.И. 1978. К вопросу о методике изучения агрегаций бентоса // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л.: Наука. № 37. С. 72–75.  
 Барышев И.А. 2008. Распределение организмов зообентоса при снижении уровня воды в малой реке // Биология внутренних вод. № 4. С. 81–85.  
 Барышев И.А. 2019. Макрозообентос рек Восточной Фенноскандии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск. 46 с.  
 Барышев И.А., Веселов А.Е. 2007. Сезонная динамика бентоса и дрефта беспозвоночных организмов в некоторых притоках Онежского озера // Биология внутренних вод. № 1. С. 80–86.  
 Богатов В.В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.

- Богатов В.В.** 2013. О закономерностях функционирования речных экосистем в свете базовых научных концепций // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. № 4. С. 90.
- Богатов В.В., Федоровский А.С., Никулина Т.В.** 2013. Роль гидрологических факторов в формировании видового разнообразия сообществ водорослей (на примере р. Комаровка, Приморский край, Россия) // Экология. № 6. С. 428–435.
- Паньков Н.Н.** 2004. Структурные и функциональные характеристики зообентоценозов р. Сылвы (бассейн Камы). Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 162 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. 1967.** // Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Ленинград: Гидрометеоздат, Т. 19: Северо-Восток. Колым. упр. гидрометеорол. службы. 600 с.
- Леванидов В.Я.** 1981. Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 3–21.
- Леванидова И.М.** 1982. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. Фаунистика, экология, зоогеография Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera. Л.: Наука. 215 с.
- Соколова Н.Ю., Баканов А.И.** 1982. Методика количественного учета и выявления пространственного распределения бентоса (хинономид) // Методическое пособие по изучению хинономид. Душанбе: Дониш. С. 3–19.
- Тиунова Т.М.** 2003. Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидро-биологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие. М.: Изд-во ВНИРО. С. 5–13.
- Тиунова Т.М.** 2008. Состав и структура сообществ зообентоса микробиотопов в метаритрале малой предгорной реки умеренно холодноводного типа // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. С. 31–45.
- Хаменкова Е.В.** 2015. Структура и распределение сообществ макрозообентоса в бассейне реки Ола (Магаданская область): автореф. дис. ...канд. биол. наук. Магадан. 22 с.
- Хаменкова Е.В., Тесленко В.А.** 2017. Структура сообществ макрозообентоса и динамика их биомассы в реке Ола (северное побережье Охотского моря, Магаданская область) // Зоологический журнал. Т. 96, № 6. С. 619–630.
- Хаменкова Е.В., Тесленко В.А., Тиунова Т.М.** 2017. Распределение Фауны Макробентоса В Бассейне Реки Ола (Северное Побережье Охотского Моря) // Зоологический журнал. Т. 96, № 4. С. 400–409
- Шубина В.Н.** 2006. Бентос лососевых рек Урала и Тимана. Спб.: Наука. 401 с.
- Shies J., Botosaneanu L.** 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique: Avec 18 figures dans le texte et en supplément // Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen. V. 12, № 1. P. 1–57.