

## МАКРОЗООБЕНТОС УЗЛОВ СЛИЯНИЯ РЕК

А. А. Прокин<sup>1,2</sup>, А. И. Цветков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН  
Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок  
E-mail: yarrivers@gmail.com*

<sup>2</sup> *Воронежский государственный университет  
Россия, 394006, Воронеж, Университетская пл., 1*

Поступила в редакцию 24.11.11 г.

**Макрозообентос узлов слияния рек.** – Прокин А. А., Цветков А. И. – Приведены основные гидрофизические характеристики и показатели макрозообентоса устьевых областей малых и средних притоков рек Дон и Хопёр на территории Воронежской области. Описаны три типа зон слияния притоков и рек-приемников, где происходит смешение их водных масс. В зоне слияния вода отличается от вод притока и приемника по значениям электропроводности. Протяженность зоны слияния зависит от соотношения скоростей течения контактирующих водотоков. Относительно проточных участков притока и приемника в зоне смешения вод формируются специфичные по количественным и структурным характеристикам сообщества макрозообентоса. Наибольшими биомассами характеризуются сообщества донных беспозвоночных нижней границы зоны смешения вод, основу которых составляют крупные двустворчатые моллюски сем. Unionidae.

*Ключевые слова:* приток, устьевая зона, смешение водных масс, водоток-приемник, гидрологические процессы, макрозообентос.

**Macrozoobenthos of the confluence areas of rivers.** – Prokin A. A. and Tsvetkov A. I. – Main hydrological characteristics and structural indicators of the macrozoobenthos in the mouth areas of both small and medium tributaries of the Don and Khover Rivers in the Voronezh region are discussed. Three typical variants of the contact zones of tributaries and receiving rivers, where their water masses mix, are described. The water in the confluence area differs by electrical conductivity from the upstream and downstream water. The length of the confluence zone depends on the flow velocity ratio in the contacting watercourses. Macrozoobenthos communities with specific quantitative and structural characteristics are formed in the confluence zone in contrast to the flowing tributary and receiver areas. The benthic invertebrate communities in the lower boundary of the confluence zone feature the heaviest biomasses; they are predominantly formed by large *Unionidae* bivalves.

*Key words:* tributary, river mouth area, watercourse-recipient, mixing water zone, hydrologic processes, macrozoobenthos.

### ВВЕДЕНИЕ

Особенности физико-химических характеристик (минерализация и температура воды, определяющие ее плотность, а также изменения гидродинамических условий) зон смешения разнотипных водных масс, представляют собой мощные гидрогеохимические барьеры, способствующие аккумуляции взвешенных и растворенных веществ (Dyer, 1986). Будучи эффективным природным фильтром, зона смешения обеспечивает аккумуляцию до 90% наносов, ассимиляцию биогенных элементов, эффективную физико-химическую и биологическую деактивацию токсических веществ (Lisitzin, 1999). Следовательно, участки слияния разнотипных

водных объектов можно охарактеризовать как ключевые биотопы, определяющие физико-химический режим и структурно-функциональную организацию сообществ гидробионтов водоёмов-реципиентов. Большинство исследований гидрофизических и биологических показателей устьевых областей рек и участков смешения разнотипных водных масс проведено на примере областей слияния континентальных и морских вод (Михайлов, 1997, 1998). В пространстве пресноводных экосистем также существуют пограничные участки, часть из которых по ряду признаков (увеличению видового богатства, численности и биомассы) могут быть признаны экотонами (Ермохин, 2007). Любая речная система объединяет сеть притоков разного порядка, в зонах слияния которых происходит смешение водных масс (Маорс, 1995; Никитина, Чалов, 1998; Виноградова, Хмелева, 2009). Сведения о показателях развития водных организмов в зонах слияния незарегулированных водотоков ограничены (Муравейский, 1960), что и определяет необходимость дальнейшего изучения биологических характеристик узлов рек.

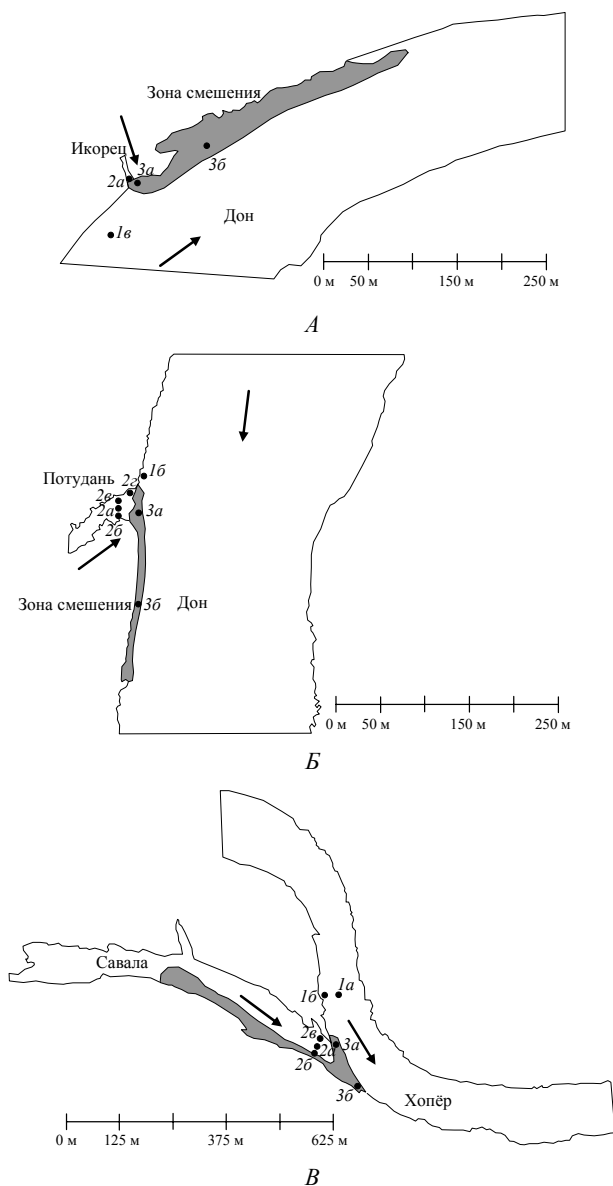
Реками переносится большое количество взвешенных минеральных и органических веществ, которые отлагаются в плесовых участках водотоков. Очевидно, что в замыкающем створе незарегулированного водотока количество взвеси должно быть максимальным и, следовательно, при снижении скорости течения в зоне слияния с водами приемника его осаждение будет более интенсивным. Изменение количества осаждаемого седимента не может не отразиться на структурно-функциональной организации донных биоценозов.

Цель работы – изучение показателей макрозообентоса в зонах слияния незарегулированных малых и средних водотоков с реками Дон и Хопёр, и их сравнительный анализ с показателями в граничащих системах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На основании результатов исследований в 2009 г. (Крылов и др., 2010) было определено три основных варианта зон слияния речных вод. Исследования проводили в июле 2010 г. в трех узлах слияния малых и средних притоков рек Дон и Хопёр, соответствующих описанным ранее вариантам: Икорец (N 50°58'41.46" E 39°47'16.40"), Потудань (N 51°01'15.20" E 39°08'59.15") и Савала (N 51°02'46.75" E 41°40'41.53") (рис. 1). Для выделения разнотипных участков с помощью портативного зонда «YSI-85» измеряли электропроводность (*EC*, мкСм/см) (все значения приведены к 25°C), содержание растворенного кислорода ( $O_2$ , мг/л) и температуру воды (*T*, C), а также скорость течения (*v*, м/с) с помощью микрокомпьютерного скоростемера-расходомера МКРС. Для анализа расположения водных масс и построения схем зон смешения речных вод использовали спутниковые снимки, предоставленные сервисами <http://maps.google.ru/>, <http://geoportal.ntsomz.ru/>, <http://maps.yandex.ru/> и <http://www.bing.com/maps/>.

Количественные пробы макрозообентоса отбирали ковшевым дночерпателем Петерсена с площадью захвата 1/40 м<sup>2</sup>, по два подьема на 1 пробу. Пробы отбирались в следующих станциях (см. рис. 1): в реке, выше впадения притока (1), в узле слияния: по створу (2) правобережная рипаль (*б*) – медиаль (*а*) – левобережная рипаль (*в*) и в зоне смешения вод (3) – верхняя граница зоны (определяемая по



**Рис. 1.** Схема узлов слияния рек Икорец – Дон (А), Потудань – Дон (Б), Савала – Хопёр (В): 1 – водоток-приемник выше слияния с притоком, 2 – приток, 3 – зона смешения вод; а – медиаль, б – правобережная рипаль, в – левобережная рипаль, г – залив

90%-ной обеспеченности водами притока (по электропроводности)) (а) и ее нижняя граница (около 100 м ниже по течению от устья притока, определяемая как 90%-ная обеспеченность водами приемника (по электропроводности)) (б). В р. Икорец, где асимметрия склонов не выражена, а ширина реки не более 3 м, при вдольбереговом типе зарастания, была взята лишь 1 проба в середине реки – условно «медиаль», так как различий в биотопическом расчленении по створу реки не было отмечено. Всего было обработано 18 проб.

Для идентификации донных беспозвоночных использовали современные определители (Определитель пресноводных..., 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2004).

Для выявления структуры доминирования виды донных беспозвоночных ранжировали по индексу плотности (Арабина и др., 1988), на основе 2-х видов с максимальными значениями индекса давали название сообществу (в данном случае – летнему аспекту). При изучении структуры макрозообентоса анализировали общее число видов ( $n$ ), численность ( $N$ , экз./м<sup>2</sup>), биомассу ( $B$ , г/м<sup>2</sup>), индекс разнообразия Шеннона (бит/экз.), в котором ин-

формация рассматривается как мера разнообразия (Шмальгаузен, 1968; Алимов, 2001) с учетом  $m_H$ ,  $H_{max}$ ,  $H_{min}$  (Odum, 1967), где  $m_H$  – стандартная ошибка индекса Шеннона,  $H_{max}$  – максимальное информационное разнообразие при данном наборе видов,  $H_{min}$  – минимальное информационное разнообразие при данном наборе видов. Кроме того, использовали показатель доминирования Симпсона (Одум, 1975) как меру связности ( $C_c$  – по численности,  $C_b$  – по биомассе), показатель видового разнообразия Маргалефа (Margalef, 1968) ( $\alpha$ ), параметр организации системы Фон Ферстера ( $F$ ) (Фон Ферстер, 1964) как показатель степени недоиспользования сообществом информационных ресурсов, долю биомассы хищников, слагающуюся из относительного обилия облигатных зоофагов и 1/2 факультативных хищников ( $B_x$ ). Сведения о трофической специализации организмов были взяты из сводки А. В. Монакова (1998).

Данный комплекс характеристик сообществ использовался для оценки «оптимальности» организации их структуры, отражающей их сложность, т.е. неопределенность и однородность. «Оптимизацию» отражало высокое видовое богатство ( $n$ ), видовое разнообразие ( $\alpha$ ), реальное ( $H$ ) и максимальное ( $H_{max}$ ) информационное разнообразие и их низкая результирующая характеристика ( $F$ ), квалифицирующая степень недоиспользования информационных ресурсов (избыточность). Положительным для оптимизации структурных характеристик мы также считали высокую долю биомассы хищников, так как известно, что пресс хищников снижает интенсивность межвидовой конкуренции и стимулирует увеличение видового разнообразия (Алимов, 2001). Высокая степень доминирования отдельных видов и интегральный показатель относительного доминирования всех видов в сообществе (связность или концентрация доминирования) и по численности ( $C_N$ ) и по биомассе ( $C_B$ ) ведет к усилению жесткости связей в нем. Если в некоторых случаях она повышает долговременную стабильность сообщества (Алимов, 2001) в относительно постоянных условиях среды для доминантов, все же негативно сказывается на его сложности, отражающей неопределенность и однородность структуры через выравнивание обилия составляющих его видов. Поэтому «оптимально» структурированным мы считаем сообщества с низкими значениями концентрации доминирования (связности).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В июле 2010 г. на изученных участках выявлен 101 вид (и таксоны, не определенные до видового уровня) донных беспозвоночных, относящихся к 72 родам, 39 семействам (табл. 1). Виды *Tanytarsus medius* Reiss et Fittkau, 1971 (Diptera, Chironomidae) и *Monophilus griseus* (Meigen, 1804) (Diptera, Limoniidae) ранее не указывались для Центрального Черноземья РФ. Большая часть макробеспозвоночных (64 вида) относятся к классу Insecta, в составе которого преобладают представители отряда Diptera, преимущественно за счет хирономид (40 видов и таксонов, не определенных до видового уровня).

**Узел слияния рек Икорец и Дон.** Река Икорец – левый приток р. Дон, впадающий в него в 1267 км от устья (Дмитриева, 2008). Дно песчано-гравийное, ширина русла  $\leq 5$  м, глубины  $\leq 1.5$  м, температура воды до впадения в Дон 25.3°C,

электропроводность 910 мкСм/см, скорость течения 0.52 м/с, тип зарастания макрофитами – вдоль береговой с проективной площадью зарастания ≤ 10%.

**Таблица 1**

Таксономический состав макрозообентоса исследованных узлов слияния рек

Таксоны	Савала – Хопёр							Икорец – Дон					Потудань – Дон					
	1a	1б	2a	2б	3a	3б	1a	2a	3a	3б	1б	2a	2б	2a	2б	3a	3б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Poryfera</b>																		
<i>Spongilla lacustris</i> L., 1759								+										
<b>Bryozoa</b>																		
<i>Cristatella mucedo</i> (Cuvier, 1798)			+											+				
<i>Plumatella repens</i> (L., 1758)											+							+
<b>Oligochaeta</b>																		
<i>Tubifex newaensis</i> (Michaelsen, 1902)						+	+			+			+					+
<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1773)										+							+	
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862						+												
<i>Limnodrilus</i> sp.								+										
<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)														+		+		
<i>Potamothrix</i> sp.				+														
<b>Hirudinea</b>																		
<i>Piscicola fasciata</i> Kollar, 1842												+						
<i>Erpobdella octoculata</i> (L., 1758)								+						+				
<i>Helobdella stagnalis</i> (L., 1758)														+	+			
<i>Glossiphonia complanata</i> (L., 1758)						+								+				
<i>Hemiclepsia marginata</i> (Müller, 1774)																		+
<b>Bivalvia</b>																		
<i>Pisidium amnicum</i> (Müller, 1774)		+			+	+	+			+	+		+					+
<i>Pisidium inflatum</i> (Muehlfeld in Porro, 1838)																+	+	
<i>Pisidium</i> sp.									+									
<i>Rivicoliana</i> spp.								+	+	+	+		+	+				+
<i>Amesoda scaldiana</i> (Normand, 1844)										+								
Euglesidae gen. sp.														+				
<i>Anodontha cygnea</i> (L., 1758)								+										
<i>Anodontha</i> sp. (juv.)																		+
<i>Pseudanadonta</i> sp. (juv.)										+								
<i>Crassiana crassa</i> (Philipsson, 1788)																		+
<i>Unio rostratus</i> Lamarck, 1799		+	+															
<i>Tumidiana tumida</i> (Philipsson, 1788)				+	+		+			+		+						+
<i>Tumidiana muelleri</i> (Rossmäessler, 1836)							+											
<b>Gastropoda</b>																		
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (L., 1758)										+			+					
<i>Theodoxus sarmaticus</i> (Lindholm, 1901)																		+
<i>Lytoglyphus naticoides</i> Pfeiffer, 1828	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Viviparus viviparus</i> (L., 1758)			+				+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
<i>Cincinna ambigua</i> (Westerlund, 1873)		+		+		+												
<i>Bythinia tentaculata</i> (L., 1758)		+					+				+							
<i>Codiella leachi</i> (Sheppard, 1823)								+										
<i>Lymnaea fontinalis</i> (Studer, 1820)													+					
<b>Crustacea</b>																		
<i>Chelicorophium curvispinum</i> (Sars, 1895)								+			+							+
<i>Dikerogammarus villosus</i> (Sowinsky, 1894)								+			+							+

МАКРОЗООБЕНТОС УЗЛОВ СЛИЯНИЯ РЕК

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
<b>INSECTA</b>																			
<b>Odonata</b>																			
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)			+																
<i>Enallagma cyathigerum</i> Charpentier, 1840						+													
<b>Ephemeroptera</b>																			
<i>Ephemera vulgata</i> L., 1858					+									+				+	
<i>Heptagenia flava</i> Rostok, 1878															+				
<i>Caenis horaria</i> (L., 1758)							+												
<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835														+					
<i>Cloeon</i> группы dipterum (sensu Kluge, 1997)													+						
<b>Heteroptera</b>																			
<i>Ranatra linearis</i> L., 1758														+					
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (L., 1758)															+				
<b>Trichoptera</b>																			
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)											+								
<i>Lype</i> sp.														+					
<i>Hydropsyche contubernalis</i> MacLachlan, 1865								+											
<i>Molanna angustata</i> Curtis, 1834					+														
<i>Ceraclea excisa</i> (Morton, 1904)																			+
<i>Ceraclea</i> sp. (pupa)															+				
<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834								+			+								
<b>Coleoptera</b>																			
<i>Platambus maculatus</i> (L., 1758)		+																	
<i>Laccophilus</i> sp. (larva)															+				
<b>Diptera</b>																			
<b>Chironomidae</b>																			
<i>Ablabesmyia monilis</i> (L., 1758)	+	+				+			+										
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer, 1918							+			+			+						
<i>Procladius choreus</i> Meigen, 1804											+		+	+				+	
<i>Zavrelimyia</i> sp.														+					
<i>Eukiefferiella</i> группы <i>gracei</i> *																		+	
<i>Eukiefferiella</i> sp.																			+
<i>Psectrocladius obvius</i> (Walker, 1856)																			+
<i>Psectrocladius</i> sp.								+											
<i>Cricotopus</i> sp.																			+
<i>Paracricotopus</i> sp.														+					
<i>Rheotanytarsus</i> sp.																		+	
<i>Cladotanytarsus</i> группы <i>mancus</i>						+			+										+
<i>Tanytarsus verrali</i> Goetghebuer, 1928						+													
<i>Tanytarsus medius</i> Reiss et Fittkau, 1971																			+
<i>Tanytarsus pseudolestagei</i> Shilova, 1976																			+
<i>Tanytarsus</i> группы <i>mendax</i>						+													
<i>Tanytarsus</i> группы <i>excavatus</i>														+					
<i>Paratanytarsus austriacus</i> (Kieffer, 1924)											+		+	+					
<i>Paratanytarsus</i> sp.																			+
<i>Chernovskiiia ra</i> (Ulomsky, 1941)													+						
<i>Robackia demereji</i> (Kruseman, 1933)																			+
<i>Cryptochironomus</i> группы <i>defectus</i>			+	+					+	+					+	+			
<i>Endochironomus tendens</i> (F., 1775)						+					+								
<i>Glyptotendipes barbipes</i> (Staeger, 1839)										+									
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen, 1818)		+					+				+		+	+					

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)													+						
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schränk, 1803)							+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polypedilum</i> группы <i>nubeculosum</i>		+			+	+			+	+		+	+			+			
<i>Polypedilum</i> группы <i>convictum</i>													+						
<i>Microtendipes</i> группы <i>pedellus</i>												+	+						
<i>Paratendipes</i> группы <i>albimanus</i>												+	+			+	+		
<i>Parachironomus arcuatus</i> (Goetghebuer, 1919)													+						
<i>Parachironomus varus</i> (Goetghebuer, 1921)													+						
<i>Parachironomus</i> группы <i>frequens</i>																			+
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)						+													
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839)	+							+											
<i>Chironomus melanotus</i> Keyl, 1961								+	+		+	+							+
<i>Chironomus</i> sp.													+						
Chironomini sp. 1. (pupa)																			+
Chironomidae sp. 2. (pupa)												+	+						
<b>Прочие Nematocera</b>																			
<i>Palpomyia lineata</i> (Meigen, 1804)		+				+													
<i>Mallochohelea setigera</i> (Loew, 1864)					+	+									+				
Simuliidae gen sp.										+									
<i>Anopheles</i> aff. <i>maculipennis</i> Meigen, 1818													+						
<i>Monophilus griseus</i> (Meigen, 1804)																			+
<b>Brachycera</b>																			
Muscidae sp. (pupa)										+									

\* Названия таксонов уровня группы видов, не имеющих ранга и, таким образом, не подпадающих под действие Международного кодекса зоологической номенклатуры (ICZN), даны в соответствии с соответствующими определителями. Например, для семейства Chironomidae по определителю Е. А. Макаренко, М. А. Макаренко (1999). Обозначения станций отбора проб в табл. 1 – 4 соответствуют обозначениям на рис. 1.

Река Дон выше впадения р. Икорец характеризуется песчаным дном, ширина русла  $\leq 135$  м, глубина  $\leq 1.2$  м, температура воды  $25.8^{\circ}\text{C}$ , электропроводность 467 мкСм/см, скорость течения 0.44 м/с, тип зарастания макрофитами — вдольбереговой с очень малой проективной площадью покрытия.

Протяженность зоны смешения рек Дон и Икорец  $\sim 210$  м (см. рис. 1 А), скорость течения 0.15 м/с, электропроводность 874 мкСм/см на поверхности и 806 мкСм/см у дна. На верхней границе зоны смешения ( $EC = 724 - 756$  мкСм/см) четко выделялся участок активной седиментации протяженностью  $\sim 45$  м, на котором происходило массовое развитие высших водных растений. К нижней границе электропроводность воды уменьшалась до 603 мкСм/см на всех горизонтах. Наибольшие изменения электропроводности (от 724 до 870 мкСм/см) наблюдались на протяжении первых 10 м зоны слияния. В самом начале зоны смешения разница между поверхностью и дном доходила до 70 мкСм/см, но ниже по течению (к началу зоны седиментации) воды постепенно перемешивались.

Максимальная общая численность организмов отмечалась в сообществах р. Дон выше впадения р. Икорец (ст. 1в) и верхней границы смешения вод (ст. 3б), где доминировали ракообразные, в основном *Chelicorophium curvispinum*, а в зоне смешения, кроме того, Chironomidae (табл. 2). В медиали р. Икорец (ст. 2а), где

МАКРОЗООБЕНТОС УЗЛОВ СЛИЯНИЯ РЕК

основу численности составляли *Gastropoda* и «прочие *Insecta*», и на верхней границе зоны смешения вод (ст. 3а), где преобладали *Chironomidae*, плотность донных беспозвоночных была существенно ниже.

Таблица 2

Общая численность макрозообентоса исследованных узлов слияния рек

Значимые группы	Савала – Хопёр						Икорец – Дон				Потудань – Дон							
	1а	1б	2в	2а	2б	3а	3б	1в	2а	3а	3б	1б	2г	2в	2а	2б	3а	3б
	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$	$\frac{N}{\%N}$
Poryfera	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{20}{0.4}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bryozoa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{20}{0.4}$	-	-	-	-	-	-	$\frac{20}{1.7}$
Oligochaeta	-	-	-	40 28.6	280 53.9	40 4.5	180 7.9	60 1.2	-	160 16.3	40 0.8	-	80 2.7	220 14.5	-	280 46.7	-	$\frac{20}{1.7}$
Hirudinea	-	-	-	-	$\frac{20}{3.8}$	-	-	$\frac{20}{0.4}$	-	-	$\frac{20}{0.4}$	-	140 4.8	$\frac{20}{1.3}$	-	-	$\frac{20}{2.0}$	-
Bivalvia	-	40 11.1	40 33.3	60 42.8	20 3.8	40 4.5	980 43.0	60 1.2	20 5.2	120 12.3	160 3.2	-	220 7.5	420 27.6	20 33.3	60 10.0	120 12.2	$\frac{40}{3.4}$
Gastropoda	100 71.4	220 61.1	40 33.3	20 14.3	20 3.8	180 20.5	760 33.3	-	180 47.4	20 2.0	500 10.1	-	220 7.5	180 11.8	-	60 10.0	380 38.8	200 16.9
Crustacea	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{4200}{85.4}$	-	-	$\frac{2360}{47.8}$	-	-	-	-	-	-	$\frac{160}{13.6}$
Chironomidae	40 28.6	60 16.7	20 16.7	-	120 23.1	480 54.5	360 15.8	460 9.4	60 15.8	680 69.4	1780 36.0	120 66.7	2240 76.2	340 22.4	40 66.7	200 33.3	380 38.8	700 59.3
Прочие <i>Insecta</i>	-	40 11.1	20 16.7	20 14.3	60 11.5	140 15.9	-	100 2.0	120 31.6	-	60 1.2	60 33.3	40 1.4	280 18.4	-	-	80 8.2	40 3.4
$\Sigma N$	140	360	120	140	520	880	2280	4920	380	980	4940	180	2940	1520	60	600	980	1180

Наибольшей биомассой отличался зообентос на нижней границе зоны смешения вод (ст. 3б), где доминировали *Gastropoda* и *Bivalvia* (табл. 3а, б). Также за счет *Gastropoda* большая биомасса (> 100 г/м<sup>2</sup>) донных макробеспозвоночных отмечена на медиали р. Икорец (ст. 2а). В Дону выше впадения притока (ст. 1в) и на верхней границе зоны смешения рек (ст. 3б) величины общей биомассы были низкими, из-за мелких размеров доминантов – моллюсков сем. *Pisidiidae*, а в р. Дон, кроме того, *Ch. curvispinum*.

По видовому богатству выделялось сообщество *Viviparus viviparus* + *Chelicorophium curvispinum* на нижней границе зоны смешения вод (ст. 3б), где видовое богатство было в два раза выше, чем в других сообществах (табл. 4а, б). Видовое разнообразие ( $\alpha$ ) и потенциальное информационное ( $H_{max}$ ) макрозообентоса здесь также были максимальными, но реальное информационное разнообразие ( $H$ ) уступает значениям для сообществ медиали р. Икорец (ст. 2а) и верхней границы зоны смешения вод (ст. 3а) (см. табл. 4а). Эти сообщества, даже при высокой концентрации доминирования биомассы ( $C_B$ ), характеризовались низкой степенью недоиспользования информационных ресурсов ( $F$ ) и выглядели наиболее оптимально структурированными в ряду исследованных. Сообщество *Chelicorophium curvispinum* + *Rivicoliana* sp. р. Дон выше впадения р. Икорец (ст. 1в) уступало прочим по видовому богатству незначительно, однако характеризовалось наименее опти-

мальным соотношением характеристик вследствие высокой степени доминирования *Ch. curvispinum*.

**Таблица 3а**

Общая биомасса макрозообентоса исследованных узлов слияния рек

Значимые группы	Икорец – Дон				Потудань – Дон						
	<i>1в</i>	<i>2а</i>	<i>3а</i>	<i>3б</i>	<i>1б</i>	<i>2з</i>	<i>2в</i>	<i>2а</i>	<i>2б</i>	<i>3а</i>	<i>3б</i>
	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$
Polyfera	$\frac{1.10}{3.0}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bryozoa	–	–	–	$\frac{1.20}{0.2}$	–	–	–	–	–	–	$\frac{33.36}{5.1}$
Oligochaeta	$\frac{0.08}{0.2}$	–	$\frac{0.28}{1.7}$	$\frac{0.04}{<0.1}$	–	$\frac{0.16}{0.2}$	$\frac{0.76}{2.2}$	–	$\frac{0.68}{14.1}$	–	$\frac{0.04}{<0.1}$
Hirudinea	$\frac{0.06}{0.2}$	–	–	$\frac{0.04}{<0.1}$	–	$\frac{0.34}{0.3}$	$\frac{0.20}{0.6}$	–	–	$\frac{0.12}{<0.1}$	–
Bivalvia	$\frac{23.52}{63.5}$	$\frac{0.28}{0.3}$	$\frac{13.84}{84.0}$	$\frac{151.40}{24.0}$	–	$\frac{12.69}{11.4}$	$\frac{15.68}{45.7}$	$\frac{2.80}{97.2}$	$\frac{2.73}{56.8}$	$\frac{33.09}{11.9}$	$\frac{540.55}{83.2}$
Gastropoda	–	$\frac{105.79}{99.1}$	$\frac{1.48}{9.0}$	$\frac{469.01}{74.4}$	–	$\frac{95.21}{85.8}$	$\frac{15.30}{44.6}$	–	$\frac{1.28}{26.6}$	$\frac{244.32}{87.8}$	$\frac{74.82}{11.5}$
Crustacea	$\frac{10.26}{27.7}$	–	–	$\frac{5.36}{0.8}$	–	–	–	–	–	–	$\frac{0.30}{<0.1}$
Chironomidae	$\frac{1.20}{3.2}$	$\frac{0.07}{0.1}$	$\frac{0.88}{5.3}$	$\frac{3.22}{0.5}$	$\frac{0.10}{55.6}$	$\frac{2.47}{2.2}$	$\frac{0.22}{0.6}$	$\frac{0.08}{2.8}$	$\frac{0.12}{2.5}$	$\frac{0.56}{0.2}$	$\frac{0.64}{0.1}$
Прочие Insecta	$\frac{0.81}{2.2}$	$\frac{0.62}{0.6}$	–	$\frac{0.12}{<0.1}$	$\frac{0.08}{44.4}$	$\frac{0.14}{0.1}$	$\frac{2.14}{6.2}$	–	–	$\frac{0.15}{<0.1}$	$\frac{0.14}{<0.1}$
Σ В	37.03	106.76	16.48	630.39	0.18	111.01	34.30	2.88	4.81	278.24	649.85

**Таблица 3б**

Общая биомасса макрозообентоса исследованных узлов слияния рек

Значимые группы	Савала – Хопёр						
	<i>1а</i>	<i>1б</i>	<i>2в</i>	<i>2а</i>	<i>2б</i>	<i>3а</i>	<i>3б</i>
	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$	$\frac{В}{\%В}$
Polyfera	–	–	–	–	–	–	–
Bryozoa	–	–	–	–	–	–	–
Oligochaeta	–	–	–	$\frac{0.08}{<0.1}$	$\frac{0.51}{23.2}$	$\frac{0.08}{0.9}$	$\frac{0.92}{<0.1}$
Hirudinea	–	–	–	–	$\frac{0.05}{2.3}$	–	–
Bivalvia	–	$\frac{208.43}{95.7}$	$\frac{281.62}{80.2}$	$\frac{343.00}{99.8}$	$\frac{0.44}{20.0}$	$\frac{1.99}{21.1}$	$\frac{10888.94}{94.8}$
Gastropoda	$\frac{5.40}{98.5}$	$\frac{9.08}{4.2}$	$\frac{69.24}{19.7}$	$\frac{0.39}{0.1}$	$\frac{0.58}{26.4}$	$\frac{6.02}{63.8}$	$\frac{469.86}{4.9}$
Crustacea	–	–	–	–	–	–	–
Chironomidae	$\frac{0.08}{1.5}$	$\frac{0.10}{<0.1}$	$\frac{0.07}{<0.1}$	–	$\frac{0.08}{3.6}$	$\frac{0.40}{4.2}$	$\frac{0.81}{<0.1}$
Прочие Insecta	–	$\frac{0.11}{<0.1}$	$\frac{0.08}{<0.1}$	$\frac{0.03}{<0.1}$	$\frac{0.54}{24.5}$	$\frac{0.94}{10.0}$	–
Σ В	5.48	217.72	351.01	343.50	2.20	9.43	11482.29

Таким образом, в узле слияния рек Икорец и Дон наиболее сложной структурой характеризовался макрозообентос без участия в доминантном комплексе *Ch. curvispinum*, которые, за счет высоких показателей доминирования, приводили к упрощению организации сообществ.

**Узел слияния рек Потудань и Дон.** Река Потудань – правый приток р. Дон, впадающий в него в 1316 км от устья. Дно песчано-гравийное, ширина русла ≤ 10 м, глубины ≤ 1.5 м; температура воды до впадения в Дон 19.8°C, электропроводность

МАКРОЗООБЕНТОС УЗЛОВ СЛИЯНИЯ РЕК

743 мкСм/см, скорость течения 0.3 – 1.0 м/с, основной тип зарастания макрофитами – вдоль береговой с проективной площадью зарастания до 10%. На перекатах зарастание сплошное по всему стрежню течения.

Таблица 4а

Структурные характеристики сообществ макрозообентоса  
исследованных узлов слияния рек

Зоны слияния	Икорец – Дон				Потудань – Дон						
Биотопы	1в	2а	3а	3б	1б	2г	2в	2а	2б	3а	3б
Сообщество (р)	<i>Chelicorophium curvispinum</i> (149.7) + <i>Rivicoliana</i> sp. (37.6)	<i>Viviparus viviparus</i> (76.8) + <i>Lythoglyphus naticoides</i> (17.2)	<i>Amesoda scaldiana</i> (15.3) + <i>Polypedilum</i> sp. <i>nubeculosum</i> (8.2)	<i>Viviparus viviparus</i> (405.8) + <i>Chelicorophium curvispinum</i> (105.1)	<i>Chernovskia ra</i> (2.7) + <i>Anopheles</i> sp. <i>maculipennis</i> (1.1)	<i>Viviparus viviparus</i> (88.8) + <i>Pistidium amnicum</i> (30.9)	<i>Rivicoliana</i> sp. (81.2) + <i>Lythoglyphus naticoides</i> (31.4)	<i>Pistidium inflatum</i> (7.5) + <i>Cryptochironomus</i> sp. <i>defectus</i> (1.1)	<i>Pistidium inflatum</i> (12.8) + <i>Psammocystides barbatus</i> (12.2)	<i>Viviparus viviparus</i> (250.2) + <i>Tumidiana tumida</i> (22.6)	<i>Crassiana crassa</i> (103.9) + <i>Viviparus viviparus</i> (99.7)
n	11	10	13	23	4	29	18(+1)	3	10	15	18
H ±m	1.26±0.03	3.03±0.05	3.13±0.04	2.84±0.03	1.66±0.07	3.67±0.03	3.35±0.04	1.58±0.02	2.80±0.05	3.31±0.04	3.33±0.04
H <sub>min</sub> – H <sub>max</sub>	0.03–3.46	0.24–3.32	0.14–3.70	0.06–4.52	0.15–2.00	0.12–4.86	0.13–4.17	0.24–1.58	0.16–3.32	0.16–3.91	0.17–4.17
F	0.64	0.09	0.15	0.37	0.17	0.24	0.20	0.00	0.16	0.15	0.20
α	1.18	1.51	1.74	2.59	0.58	3.51	2.32	0.49	1.41	2.03	2.40
C <sub>N</sub>	0.64	0.15	0.15	0.26	0.38	0.13	0.14	0.33	0.21	0.14	0.15
C <sub>B</sub>	0.44	0.85	0.52	0.56	0.28	0.52	0.31	0.95	0.41	0.76	0.70
B <sub>с</sub> , %	12.42	<0.01	0.20	0.13	0.00	<0.01	1.28	0.00	0.00	<0.01	0.03

Река Дон выше впадения р. Потудань характеризуется песчаным дном, ширина русла ≤ 150 м, глубина ≤ 1.2 м, температура воды 24.4°C, электропроводность 436 мкСм/см, скорость течения 0.38 м/с, тип зарастания макрофитами – вдоль береговой с очень малой проективной площадью покрытия.

Зона смешения вод этих двух рек представляла собой длинный узкий язык длиной ~ 130 – 140 м, тянущийся вдоль правого берега р. Дон (см. рис. 1 Б), фактически сплошь заросший рдестом. Температура воды в зоне смешения постепенно увеличивалась с 22.9 до 23.4°C. Скорость течения непосредственно в контактной зоне 0.16 м/с. Наиболее резкие перепады электропроводности (от 683 до 600 мкСм/см) наблюдались на протяжении первых 10 м зоны смешения. Через 90 м, вследствие разбавления менее минерализованными водами р. Дон, электропроводность воды снижалась до 566 мкСм/см.

Наименьшая численность макрозообентоса зарегистрирована в р. Дон выше впадения р. Потудань (ст. 1б) и на медиали притока (ст. 2а), где при минимальном

разнообразии значимых групп, основной вклад в ее сложение вносили Chironomidae (см. табл. 2). Наиболее высокая численность макрозообентоса отмечена в левобережной рипали (ст. 2в) и в заливе устья р. Потудань (ст. 2з), а также на нижней границе зоны смешения

**Таблица 46**  
Структурные характеристики сообществ макрозообентоса исследованных узлов слияния рек

Зоны слияния	Савала – Хопёр						
Биотопы	1а	1б	2в	2а	2б	3а	3б
Сообщество (р)	<i>L. naticoides</i> (23.2) + <i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> (0.9)	<i>Unio rostratus</i> (64.5) + <i>Cincina ambigua</i> (24.7)	<i>Unio rostratus</i> (64.1) + <i>Viviparus viviparus</i> (52.6)	<i>Tumidiana tumida</i> (143.5) + <i>Cincina ambigua</i> (2.8)	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (11.9) + <i>Lythoglyphus naticoides</i> (3.4)	<i>Cincina ambigua</i> (26.9) + <i>Pisidium amnicum</i> (8.9)	<i>Tumidiana tumida</i> (2112.3) + <i>Viviparus viviparus</i> (392.8)
<i>n</i>	3	10	5(+1)	4	10	14	12
<i>H</i>	1.15±	2.81±	2.25±	1.84	2.34±	2.93±	3.12±
$\pm m$	0.09	0.07	0.05	±0.06	0.07	0.05	0.02
<i>H</i> <sub>min</sub>	0.12–	0.25–	0.28–	0.18–	0.18–	0.17–	0.06–
<i>H</i> <sub>max</sub>	1.58	3.32	2.32	2.00	3.32	3.81	3.58
<i>F</i>	0.27	0.15	0.03	0.08	0.29	0.23	0.13
$\alpha$	0.40	1.53	0.84	0.61	1.44	1.92	1.42
<i>C<sub>N</sub></i>	0.55	0.20	0.22	0.31	0.32	0.21	0.13
<i>C<sub>B</sub></i>	0.97	0.91	0.43	0.99	0.20	0.31	0.80
<i>B<sub>x</sub></i> , %	0.73	<0.01	<0.01	<0.01	22.72	10.82	0.00

(ст. 3б) (см. табл. 3а, б). На верхней границе зоны слияния доминировали Gastropoda, а на нижней – Bivalvia. Минимальная биомасса донных беспозвоночных зарегистрирована в рипали р. Дон выше впадения притока (ст. 1б). Сообщества проточного участка р. Потудань характеризовались сильным разбросом биомассы при более высоких показателях в левобережье, где ведущую роль играли Gastropoda, и низких в медиали и правобережной рипали, где доминировали мелкие Bivalvia.

Комплекс структурных характеристик указывает на то, что наиболее сложно организованы были сообщества левобережной рипали р. Потудань (ст. 2в) и зоны смешения вод притока и приемника (ст. 3а и 3б). Здесь наблюдалось высокое видовое богатство, реальное и потенциальное информационное разнообразие, а также видовое разнообразие за счет низких концентраций доминирования численности. Обедненное в видовом отношении сообщество р. Дон (ст. 1б) структурировано слабо (см. табл. 4а).

ней границе зоны смешения вод (ст. 3б). В заливе устья притока и на нижней границе зоны смешения вод наиболее значимыми были Chironomidae. В левобережной рипали общая численность слагалась множеством значимых групп макрозообентоса. В правобережной рипали р. Потудань (ст. 2б) в условиях размыва берега и на верхней границе зоны смешения вод (ст. 3а) в условиях усиленной турбулентности потока общая численность была минимальной и в первом случае определялась в основном Oligochaeta и Chironomidae, во втором – Chironomidae и Gastropoda.

Наиболее высокой биомассой отличались сообщества зоны смешения вод, при больших значениях на нижней границе

**Узел слияния рек Савала и Хопёр.** Река Савала – правый и самый крупный приток р. Хопёр, впадающий в 315 км от ее устья (Дмитриева, 2008). Дно песчано-гравийное, ширина русла  $\leq 60$  м, глубина  $\leq 5$  м; температура воды 25.9°C, электропроводность 1270 мкСм/см, скорость течения 0.02 м/с, основной тип зарастания макрофитами – вдоль береговой с проективной площадью зарастания  $\leq 20\%$ .

Река Хопёр выше впадения р. Савала характеризуется песчаным дном, ширина русла  $\leq 80$  м, глубина  $\leq 1.5$  м, температура воды 21.1°C, электропроводность 810 мкСм/см, скорость течения 0.3 м/с, тип зарастания макрофитами – вдоль береговой с очень малой проективной площадью покрытия.

Малые скорости течения и большие глубины притока способствовали проникновению вод р. Хопёр в р. Савала. При этом зона смешения вод тяготела к правому берегу притока и обнаруживалась узкой полосой шириной 1.5 – 2 м (см. рис. 1 В). В центре зоны смешения преобладали циклонические течения. Чем ближе к левому берегу, тем меньше был вклад смешанных вод рек Савала и Хопёр. Уже на середине русла (при глубинах  $> 1$  м) обнаруживались воды притока с электропроводностью, максимально приближенной к водам Савалы (ЕС 1224 – 1248 мкСм/см). Зона смешения вод этих двух рек была протяженностью  $\sim 350$  м. В непосредственном контакте вод галоклин вод достигал 100 мкСм/см – 880 на поверхности и 980 мкСм/см у дна (на глубине 4.5 м).

Максимальная численность макрозообентоса обнаружена на нижней границе зоны смешения вод притока и приемника (ст. 3б), минимальная – на медиали рек (ст. 1а и 2а) и левобережной рипали р. Савала (ст. 2в). По вкладу в общую численность в сообществах р. Хопёр наиболее значимыми были *Gastropoda*, на нижней границе зоны смешения рек (ст. 3б), медиали р. Савала (ст. 2а) – *Bivalvia*, в левобережной рипали р. Савала (ст. 2в) – *Gastropoda* и *Bivalvia*. В правобережной рипали р. Савала (ст. 2б) наибольшее значение имели *Chironomidae* и *Oligochaeta*, а на верхней границе зоны смешения вод (ст. 3а) – *Chironomidae* при достаточно высоких значениях обилия *Gastropoda* (см. табл. 2).

На нижней границе зоны смешения вод (ст. 3б) за счет доминирования *Bivalvia* (94.8%) биомасса макрозообентоса на порядок превосходила величины, зарегистрированные на других станциях (см. табл. 3а, б). Высокие биомассы ( $> 200$  г/м<sup>2</sup>) сообществ донных животных отмечены на рипали р. Хопёр (ст. 1б), левобережной рипали и медиали р. Савала (ст. 2а и 2в), где в массе также развивались *Bivalvia*. На участках, где основу сообществ составляли преимущественно *Gastropoda*, зарегистрированы минимальные величины биомассы (см. табл. 3а, б).

Следовательно, в зонах наиболее высокой турбулентности (верхняя граница зоны смешения вод), при максимальных скоростях течения (медиаль р. Хопёр) и при периодических нарушениях (размыв крутого правого берега р. Савала) *Bivalvia* не достигали высоких показателей обилия, уступая место по биомассе *Gastropoda*, а по численности, кроме того, *Chironomidae*, *Oligochaeta* и «прочим *Insecta*».

Максимальные показатели обилия бентоса на нижней границе зоны смешения вод рек Савала и Хопёр определялись, вероятно, оптимальным гранулометрическим составом осадков в условиях умеренной скорости течения. Кроме того, важную роль может играть весеннее половодье, когда устьевая область Савалы и,

в том числе, верхняя граница зоны смешения, оказывается в условиях усиливающейся турбулентности потока, неблагоприятной для устойчивого развития сообществ Unionidae.

По комплексу проанализированных структурных характеристик (см. табл. 4а, б) наименее сложно организованы обедненные в видовом и количественном отношении сообщества макрозообентоса медиали рек Савала и Хопёр. Сообщества рипали богаче в видовом отношении, но все же уступают в структурной организации сообществам, формирующимся в зоне смешения вод притока и приемника.

Сообщество *Cincinnati ambigua* + *Pisidium amnicum* на верхней границе зоны смешения вод (ст. 3а) характеризовались максимальным видовым богатством и разнообразием, высоким информационным разнообразием при средних значениях недоиспользования информационных ресурсов, низких значениях концентрации доминирования по численности и биомассе и достаточно высокой доле хищной биомассы в ряду исследуемых сообществ (см. табл. 4а, б). Сообщество *Tumidiana tumida* + *Viviparus vivipars* на нижней границе зоны смешения вод (ст. 3б) уступало предыдущему по видовому богатству и разнообразию, но превосходило его по информационному, так как недоиспользование информационных ресурсов здесь ниже, даже в условиях крайне высокой концентрации доминирования биомассы за счет моллюсков при отсутствии хищников.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Мы придерживаемся определения узлов рек, данного Н. А. Никитиной и Р. С. Чаловым (1988): «Узел слияния рек — особая гидролого-морфологическая область в речной системе, включающая устьевой участок притока и зону влияния притока на главной реке. Она характеризуется специфическими чертами русловых процессов, обусловленных непрерывно меняющимся взаимодействием сливающихся потоков, имеющих различные гидравлические характеристики, неодинаковые гидрологический режим и морфологию русел и отличающихся по величинам стока воды и наносов, а также по геоморфологическим условиям руслоформирования» (с. 64). В своей работе они рассматривали > 60 водотоков СССР, отвечающих следующим требованиям: незарегулированность стока; среднегодовые расходы воды не менее 100 м<sup>3</sup>/с; доля среднегодового стока воды притока ≥ 10% стока главной реки. По наличию / отсутствию дельты, слиянию с пойменными рукавами, слиянию с рукавом одной из дельт было выделено 4 основных типа и 11 подтипов узлов слияния.

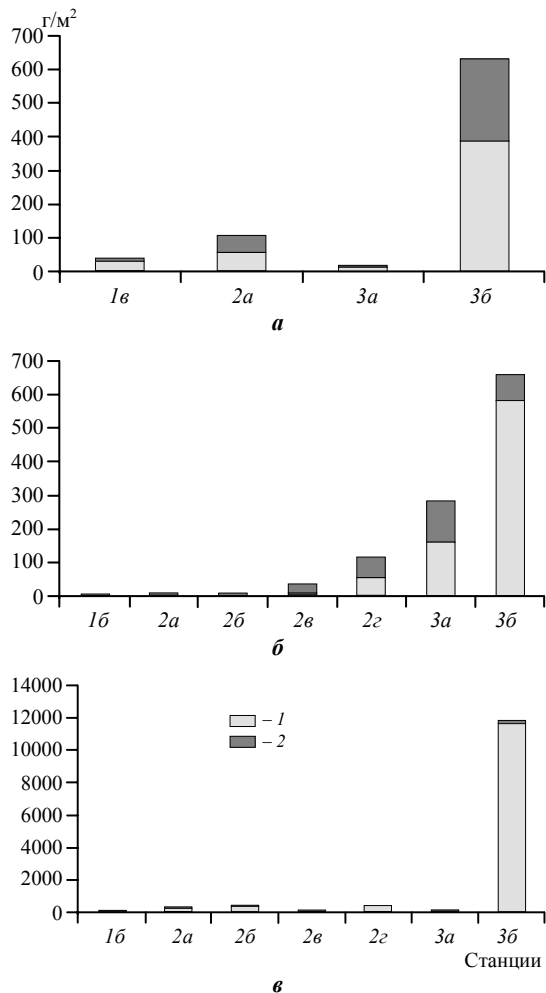
В зависимости от порядков рек выделено три основных типа узлов слияния: I — узлы слияния водотоков низких (I – II) порядков, а также образующиеся при впадении последних в водотоки средних (III – IV) порядков; II — узлы слияния водотоков низких (I – II) порядков с водотоками средних – высоких (V – VII) порядков; III – узлы слияния водотоков средних (III – IV) и средних – высоких (V – VII) порядков (Маорс, 1995). Помимо этого в каждом типе узлов они подразделяются в зависимости от угла подхода притока к основной реке.

Однако данные классификации не применимы к малым и средним рекам, расходы которых зачастую < 100 м<sup>3</sup>/с, а также к равнинным рекам с относительно мягкими подстилающими породами.

Полученные нами данные указывают, что при классификации узлов слияния рек помимо всех характеристик, перечисленных выше, необходимо учитывать еще ряд показателей: скорость течения (в приемнике и притоке), расположение зоны смешения (в главной реке или в притоке), явление переуглубления при образовании дельты выполнения. Все эти факторы, на наш взгляд, влияют на самый показательный и интересный участок узла слияния рек – зону смешения притока и приемника.

Известно, что при столкновении двух потоков с различными скоростями течения и плотностями воды увеличивается турбулентность, в результате чего происходит уменьшение скорости течения и осаждение неорганических и органических взвесей (Алексеевский, 1998). В начале этого совместного потока (верхняя граница зоны смешения) осаждаются более крупные неорганические частицы, в конце (нижняя граница зоны смешения) – самые мелкие неорганические и органические (Лидер, 1986), к усвоению которых наиболее приспособлены фильтраторы.

Биомасса фильтраторов в исследованных сообществах складывалась из биомассы облигатных фильтраторов (*Spongilla lacustris*, Bryozoa, Bivalvia (за исключением Euglesidae), Simuliidae, *Brachycentrus subnubilus*, *Hydropsyche contubernalis*) и 1/2 биомассы факультативных фильтраторов (Euglesidae, переднежаберные Gastropoda, *Chelicorophius curvispinum*, виды рода *Chironomus*, *Glyptotendipes barbipes*). Наибольшая биомасса фильтраторов зарегистрирована в сообществах зоны смешения вод (рис. 2). Благодаря развитию фильтраторов, среди которых наибольшую долю составляют двуствор-



**Рис. 2.** Биомасса трофических групп беспозвоночных макрозообентоса узлов слияния рек Икорец – Дон (а), Потудань – Дон (б), Савала – Хопёр (в): 1 – биомасса фильтраторов, 2 – биомасса прочих трофических групп. Номера станций см. рис. 1

чатые моллюски сем. Unionidae, предпочитающие частицы размером до 300 мкм (Монаков, 1998), на нижних границах зон смешения вод притоков и приемников формируются сообщества, отличающиеся максимальной биомассой.

В некоторых случаях, как было отмечено при слиянии рек Икорец и Дон, на нижней границе зоны смешения основу макрозообентоса составляют Gastropoda, что может быть обусловлено спецификой донных грунтов – выносимой из Икорца крупной ракуши, успешно заселяемой брюхоногими.

В условиях повышенной турбулентности на верхних границах зон смешения рек, даже при относительно невысоком видовом разнообразии, сообщества могут быть структурированы более оптимально, чем на нижних границах. Здесь ни одна из групп макробеспозвоночных не является лидирующей и не определяет высоких показателей доминирования численности и биомассы, что всегда негативно сказывается на структурных характеристиках (см. табл. 4а, б).

На проточных участках устьевой области рек-притоков наиболее разнообразные, обильные и хорошо структурированные сообщества донных беспозвоночных формируются в левобережной рипали (см. табл. 4а, б). Здесь, в отличие от рипали правого берега, течение замедлено, выше зарастаемость макрофитами и больше накопление седиментов, что обеспечивает возникновение более богатых трофическими ресурсами и насыщенными микробиотопами стаций – условий, благоприятных для формирования сложных сообществ.

Ранее (Крылов и др., 2010), когда зона смешения вод рассматривалась лишь в пределах участка ее верхней границы, мы предполагали, что все они представляют собой совершенно разные варианты контактных зон, так как условия седиментации в них разные. В результате данного исследования установлено, что такая разность нивелируется в ходе ослабления турбулентности смешивающихся потоков и максимальное проявление «эффекта опушки» регистрируется именно на нижней границе зоны смешения вод.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В узлах слияния рек образуется зона смешения, вода которой отличается от вод притока и приемника по значениям электропроводности. Протяженность зоны слияния зависит от соотношения скоростей течения контактирующих водотоков. Относительно проточных участков притока и приемника в зоне смешения вод формируются специфичные по количественным и структурным характеристикам сообщества макрозообентоса. Наибольшими биомассами характеризуются сообщества донных беспозвоночных нижней границы зоны смешения вод, основу которых составляют крупные двустворчатые моллюски сем. Unionidae. Сообщества нижней границы зон смешения рек могут играть важную роль в процессах самоочищения воды. Необходимо дальнейшее и более подробное изучение формирования грунтовых наносов в узлах слияния рек, как на уровне их гранулометрического состава, так и на уровне сезонной динамики седиментации, в зависимости от паводкового режима и хронологии самой зоны смешения.

Авторы сердечно благодарят А. В. Крылова, А. С. Мараева (Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок), Д. В. Транквилевского

(Институт полиомиелита и вирусных энцефалитов им. М. П. Чумакова РАМН, Москва), А. В. Черевичко (Псковское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ») за помощь в проведении полевых исследований и Н. Н. Жгареву (Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок) за плодотворное обсуждение результатов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Динамика генофондов» (подпрограмма «Биологическое разнообразие»).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н. И.* Формирование и движение речных наносов. М. : Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
- Алимов А. Ф.* Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2001. 147 с.
- Арабина И. П., Савицкий Б. П., Рыдный С. А.* Бентос мелиоративных каналов Полесья. Минск : Ураджай, 1988. 40 с.
- Виноградова О. В., Хмелева Н. В.* Русловые процессы и формирование аллювиальных россыпей золота. М. : Изд-во МГУ, 2009. 171 с.
- Дмитриева В. А.* Гидрологическая изученность Воронежской области. Каталог водотоков. Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2008. 225 с.
- Ермохин М. В.* Проблемы и перспективы исследования краевых структур биоценозов рек и водоемов речных долин // Актуальные вопросы изучения микро-, мейзообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов. Н. Новгород : Вектор ТиС, 2007. С. 101 – 129.
- Клюге Н. Ю.* Отряд Поденки (Ephemeroptera) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные и низшие насекомые : Акариды, Оribати́ды, Галакариды, Гидрахниды, Пауки, Ногохвостки, Поденки, Веснянки, Стрекозы, Клопы. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1997. С. 176 – 220.
- Крылов А. В., Прокин А. А., Хлызова Н. Ю., Болотов С. Э., Петрухин Ю. К.* Заращение, зоопланктон и макрозообентос низовьев притоков Дона и Хопра и зон смешения их вод на территории Воронежской области // Экология и морфология водных беспозвоночных. Махачкала : Наука ДНЦ РАН, 2010. С. 203 – 244.
- Лидер М. Р.* Седиментология. Процессы и продукты. М. : Мир, 1986. 439 с.
- Макарченко Е. А., Макарченко М. А.* Комары-звонцы (Chironomidae) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Высшие насекомые: Двукрылые насекомые (Комары, Мухи). СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1999. С. 210 – 295.
- Маорс Л. В.* Классификация россыпей узлов слияния водотоков низких, средних и средневысоких порядков // Геоморфология. 1995. № 1. С. 61 – 68.
- Михайлов В. Н.* Гидрологические процессы в устьях рек. М. : ГЕОС, 1997. 176 с.
- Михайлов В. Н.* Гидрология устьев рек. М. : Изд-во МГУ, 1998. 176 с.
- Монаков А. В.* Питание пресноводных беспозвоночных / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. М., 1998. 320 с.
- Муравейский С. Д.* Животный планктон реки Керженца // Реки и озера. М. : Гос. изд-во геогр. лит., 1960. С. 308 – 326.
- Никитина Н. А., Чалов Р. С.* Узлы слияния рек и их морфологические типы // Геоморфология. 1988. № 4. С. 64 – 70.
- Одум Ю.* Основы экологии. М. : Мир, 1975. 740 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные : Губки, Книдарии, Турбеллярии, Коловратки, Гастротрихи,

Нематоды, Волосатики, Олигохеты, Пиявки, Мшанки, Тихоходки. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1994. 396 с.

Т. 2. Ракообразные : Листоногие, Ветвистоусые, Веслоногие, Остракоды, Кумовые, Мизиды, Изоподы, Декаподы, Амфиподы. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1995. 628 с.

Т. 3. Паукообразные и низшие насекомые : Акариды, Орибатиды, Галакариды, Гидрахниды, Пауки, Ногохвостки, Поденки, Веснянки, Стрекозы, Клещи. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1997. 448 с.

Т. 4. Высшие насекомые : Двукрылые насекомые (Комары, Мухи). СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1999. 1000 с.

Т. 5. Высшие насекомые: Ручейники, Бабочки, Жуки, Большешкрылые, Сетчатокрылые. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2001. 836 с.

Т. 6. Моллюски, Полихеты, Немертины. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2004. 528 с.

*Фон Ферстер Г.* О самоорганизующихся системах и их окружении // Самоорганизующиеся системы. М. : Мир, 1964. С. 113–139.

*Шмальгаузен И. И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1968. 224 с.

*Dyer K. R.* Coastal and estuarine sediment dynamics. New-York : Wiley-Interscience Publ., 1986. 324 p.

*Lisitzin A. P.* The continental-ocean boundary as a marginal filter in the World Ocean // Biochemical cycling and sediment ecology. Dordrecht : Kluwer, 1999. P. 69 – 105.

*Margalef R.* Perspectives in ecological theory. Chicago : Univ. Chicago Press, 1968. 111 p.

*Odum E. P.* The strategy of ecosystem development // Science. 1967. Vol. 164. P. 262 – 270.