

**ЭСТУАРНО-ПРИБРЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ – ПЕРЕХОДНАЯ
ЗОНА МЕЖДУ ПРЕСНОВОДНЫМИ И МОРСКИМИ
ЭКОСИСТЕМАМИ**

Е.И. Барабанщиков, С.Г. Большаков

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, г. Владивосток, 690 091, Россия.

E-mail: evgeniy.barabanshchikov@tinro-center.ru

Рассмотрена типизация эстуариев и деление эстуарных зон рек Приморского края. На основании собранных данных по водной биоте и орографии водных объектов выделены три основных типа эстуариев Приморья – равнинные реки с протяжённой эстуарной зоной (рр. Раздольная, Туманная и Артёмовка), горные реки с протяжённой эстуарной зоной (рр. Киевка, Аввакумовка, Партизанская, Милоградовка, Маргаритовка и др.), горные реки с короткой эстуарной зоной (рр. Зеркальная, Суходол, Барабашевка, Нарва, Рязановка и др.). Приводятся характеристики, на основании которых выделяются границы эстуариев. Дано определение эстуарной зоны.

**ESTUARINE-COASTAL SYSTEMS – THE TRANSITIVE ZONE
BETWEEN FRESHWATER AND SEA ECOSYSTEMS**

E.I. Barabanshchikov, S.G. Bolshakov

*Pacific branch of «Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography» («TINRO»),
4 Shevchenko alley, Vladivostok, 690 091, Russia.*

E-mail: evgeniy.barabanshchikov@tinro-center.ru

The typification of estuaries and the division of estuary zones of the rivers of Primorsky Territory are considered. Based on the collected data on aquatic biota and the orography of water bodies, three main types of estuaries in Primorye were identified – lowland rivers with an extended estuary zone (Razdolnaya, Tumannaya and Artemovka rivers), mountain rivers with an extended estuarine zone (Kievka, Avvakumovka, Partizanskaya, Milogradovka, Margaritovka and other rivers), mountain rivers with a short estuarine zone (Zerkalnaya, Sukhodol, Barabashevka, Narva, Ryazanovka and other rivers). Characteristics are given on the basis of which the boundaries of estuaries are distinguished. The definition of the estuary zone is given.

Введение

В литературе существует много определений эстуариев, касающихся географического местоположения объекта. Биологи чаще используют определение Д.В. Притчарда (Pritchard, 1967): эстуарий – это «полузамкнутый прибрежный водоём, свободно соединяющийся с открытым морем; таким образом, он сильно подвержен действию приливов, морская вода в нём смешана с пресной водой материкового стока». Однако, по мере изучения этой зоны, имеющиеся определения

не могут удовлетворять исследователей. В последние годы появилась необходимость дать четкое определение эстуарно-прибрежным зонам, обобщив имеющиеся и новые знания по данному вопросу. Эстуарно-прибрежные системы – это районы, которые в силу своей высокой продуктивности наиболее подвержены антропогенному воздействию, что оказывает серьезное влияние на экосистему этих биотопов.

В литературе существует много определений эстуариев. Наиболее общее и потому упрощенное толкование термина приводится в работах В.Н. Михайлова (Михайлов, 1997; Михайлов и др., 2009): «Эстуарий – это полузакрытое, устьевое взморье реки». Данное понятие эстуария используется в правовых нормах о внутренних морских водах и исходных линиях (Юридический словарь. *enc-dic.com/legal/Estuarij-21468.html*).

Среди прочих понятий, эстуарий – это:

1. район побережья, в котором река соединяется с морем (океаном), и пресная вода смешивается с соленой. Во многих случаях эстуарии представляют собой речные долины, затопленные, видимо, при поднятии уровня моря в конце ледникового периода. (Академические словари и энциклопедии: в Википедии <http://en.wikipedia.org>).

2. устьевой участок реки, на котором действия приливов и отливов вызывают смешение соленых и пресных вод (Одум, 1975).

3. к эстуариям причисляют также, водные объекты, не имеющие свободной связи с морем (например, «слепые» эстуарии южной Африки, западной и южной Австралии и в других аридных областях). Они сохраняют в засушливый период связь с морем главным образом за счет фильтрации через песчаные наносы и отложения (Сафьянов, 1987, и др.).

Данные определения касаются в большей степени географического местоположения объекта. Однако, по мере изучения этой зоны, знания о её функционировании и динамике увеличиваются, поэтому имеющиеся определения не могут удовлетворять исследователей, в связи с чем возникает необходимость внесения каких-либо дополнений (Хлебович, 1986; Барабаничиков, 1997; 1998; Комендантов, Орлова, 2003; Телеш и др., 2009; Науменко, 2010; Большаков, Барабаничиков, 2011, и др.).

Эстуарии могут быть классифицированы по морфологии – это собственно эстуарии рек, лиманы, озёра-лагуны в устьях рек, и т.д. Они могут быть классифицированы по степени изолированности от акватории моря – это открытые, полукрытые и закрытые. В закрытые эстуарии или их части солёная вода может попадать как в период свободного соединения, так и за счёт заплесков, а также фильтрации через рыхлые осадочные породы.

Эстуарная зона делится на внутренний эстуарий (т.е. непосредственно речной участок, в т.ч. и низовья рек) (рис. 1) и внешний эстуарий (т.е. непосредственно граничащий с внутренними морскими водами, которые доходят до изобаты около 10 м) (рис. 2), однако всё это единая система, как гидрологически, так и биологически.

Чаще всего в эстуарной зоне происходит активное смешение морской и пресной воды в период приливно-отливных фаз. Во время прилива или нагонных явлений (рис. 3) морская вода проникает в нижних горизонтах вверх по течению реки за счёт повышения уровня моря. Во время отлива, а также после выпадения осадков (рис. 4), пресная вода может значительно проникать вглубь морских акваторий, где она волнами перемешивается с морской водой.

Весь эстуарий (включая внешний и внутренний) делится на три зоны с различной солёностью от олигогалинной до полигалинной, на что указывали

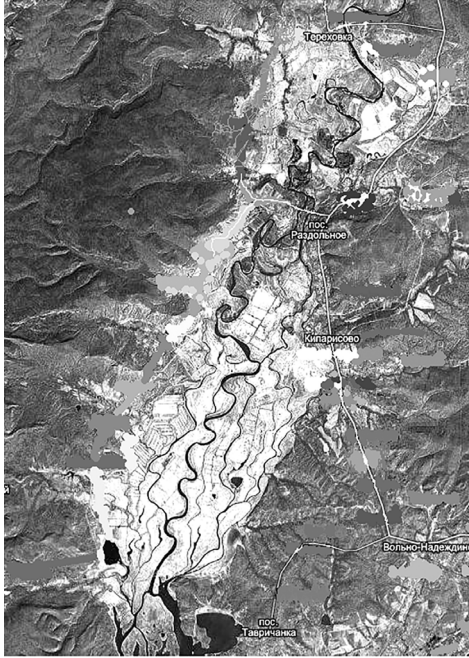


Рис. 1. Внутренний эстуарий р. Раздольная (от устья реки до моста в районе с. Раздольное)

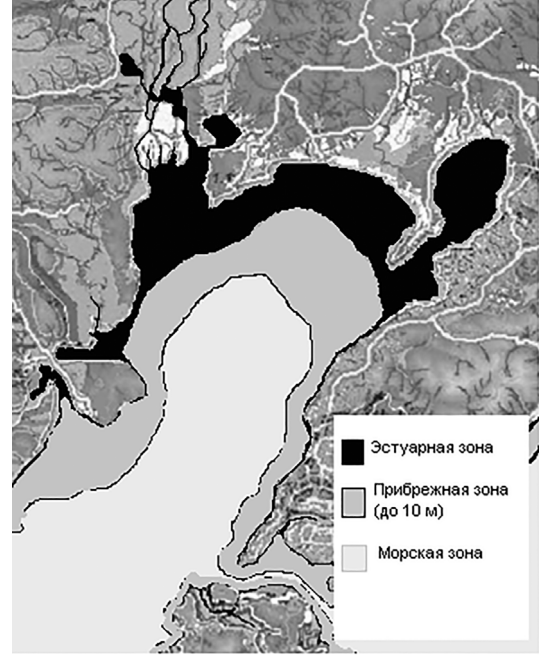


Рис. 2. Внешний эстуарий р. Раздольная и кутовой части Амурского залива

в своих работах (Хлебович, 1965; 1974; Одум, 1975). В этих зонах в зависимости от физиологического потенциала видов происходит смена видового и количественного состава водной биоты.

Цель работы – рассмотреть типизацию эстуариев Приморского края, выявить характеристики, на основании которых выделяются границы эстуариев. Дать определение эстуарной зоны.

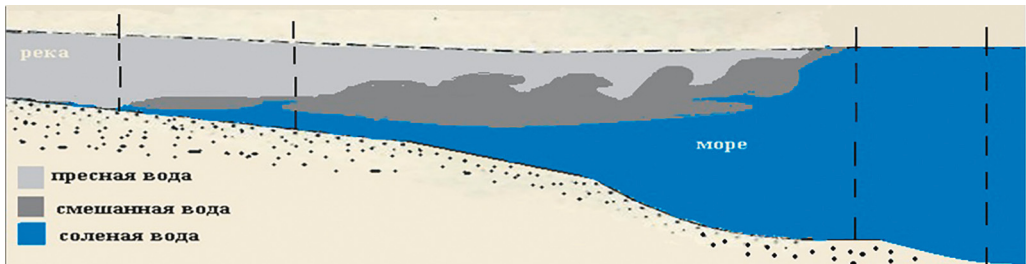


Рис. 3. Приливной цикл и действие нагонных явлений в реке

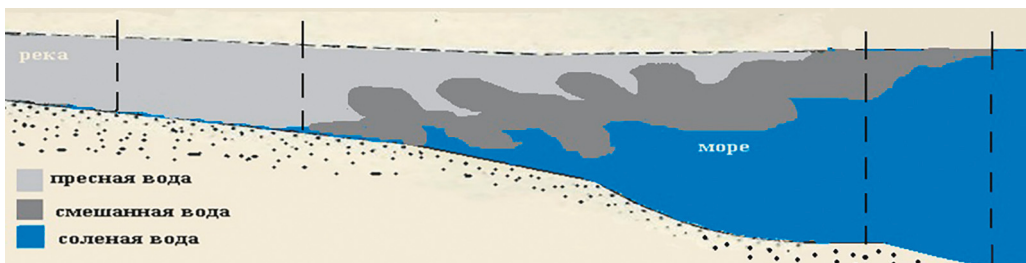


Рис. 4. Отливной цикл и действие осадков в бассейне реки

Материал и методы исследования

Материалы для настоящей работы были собраны во внешних и внутренних эстуариях рек япономорского побережья Приморского края, от Хасанского до Тернейского муниципальных округов, в течение 1992–2011 гг. Качественный и количественный состав гидробионтов оценивался на основании уловов ставными сетями с шагом ячеи 30–90 мм, планктонными сетями Нансена с площадью входного отверстия 0,05 м², изготовленными из газа с ситом № 77. Бентос в данной работе не использовался, так как исследования проводили, используя динамические планктонные и нектонные сообщества, которые точнее показывали изменения среды обитания. Для качественной и количественной оценки эстуарных рыб, состав уловов пересчитывали на одно промусилие в сутки. Статистическую обработку производили по общепринятым методикам с использованием пакета программ Excel.

Результаты и обсуждение

Наша лаборатория стала выполнять мониторинговые работы в эстуариях рек Приморского края с 1992 г. Исследования начались с эстуарной зоны реки Раздольной и постепенно перешли на другие водные объекты бассейна Японского моря от Хасанского до Тернейского муниципальных округов. В ходе исследований был накоплен практический опыт и понимание по данному вопросу.

Наши исследования приморских рек показали, что эстуарные зоны различаются по орографии водного объекта, качественному и количественному составу водной биоты (Барабанищikov, 1997), на основании чего была проведена типизация эстуариев исследованных рек Приморского края, и они были разделены на три основных типа:

– равнинные реки с протяженной эстуарной зоной (несколько десятков километров), к которым можно отнести реки Раздольную, Туманную и Артёмовку (третья река за счёт притока – р. Кневичанка). Данные водотоки отличаются высокой продуктивностью, значительным разнообразием фауны, в первую очередь пресноводной (среди длинноциклических видов *Copepoda* (*Cyclopoida* и *Calanoida*) отмечается большое разнообразие);

– горные реки с протяженной эстуарной зоной (около 10 км), такие как реки Киевка, Аввакумовка, Партизанская, Милоградовка, Маргаритовка и др. Данные водотоки имеют средние значения по продуктивности, большое разнообразие фауны, в первую очередь за счёт морских и солоноватоводных видов (также могут единично отмечаться пресноводные *Copepoda* (*Cyclopoida* или реже *Calanoida*));

– горные реки с короткой эстуарной зоной (от нескольких десятков метров до нескольких километров) к таковым можно отнести реки Зеркальная, Суходол, Барабашевка, Нарва, Рязановка и др. Данные водотоки имеют достаточно низкие значения по продуктивности, низкое разнообразие фауны, которая в первую очередь формируется за счёт морских и солоноватоводных видов (также могут единично отмечаться пресноводные *Copepoda* (в основном *Cyclopoida*, отсутствуют – *Calanoida*)).

Исследователям чаще всего хочется чётко очертить границы эстуарной зоны. Однако следует учитывать, что если принимать эстуарий как географический объект, то эстуарием следует считать зону от максимального проникновения смешанных морских вод вверх по течению реки или другого водного объекта (рис. 3) до максимального проникновения смешанных пресных вод в море (рис. 4). Границы же

истинного эстуария постоянно изменяются в пространстве (Барабанщиков, 1998), образуя пульсирующую экосистему. Как следствие данных колебаний, постоянно изменяется состав планктонных и нектонных сообществ в разных частях эстуарной зоны.

Своеобразным маркёром наличия эстуарной зоны могут служить некоторые виды солоноватоводных планктонных животных. Они отсутствовали как в чисто пресной воде, так и в морской воде за пределами участков распреснения. Например, в ходе комплексных мониторинговых работ ТИПРО в 1996 г., в эстуарной зоне рек Артёмовки и Суходола в сборах планктонных животных были обнаружены 4 вида веслоногих ракообразных (Copepoda), принадлежащие к солоноватоводным Calanoida. Это животные из трёх семейств: Centropagidae (*Sinocalanus tenellus* (Kikuchi K., 1928)), Pseudodiaptomidae (*Pseudodiaptomus* (= *Schmackeria*) *inopinus* Burkhardt, 1913) и Temoridae (*Eurytemora pacifica* Sato, 1913 и *E. americana* Williams, 1906). Из них наиболее многочисленными были *Sinocalanus tenellus* и *Pseudodiaptomus inopinus*. Несмотря на то, что реки Артёмовка и Суходол расположены недалеко друг от друга и впадают в Уссурийский залив залива Петра Великого, существуют отличия в количественной динамике солоноватоводных Calanoida, что связано с различным типом эстуарной зоны этих водных объектов. Была отмечена также разница между размерами особей, пойманных в одно и то же время, в разных реках, что, скорее всего также связано с различиями в продуктивности эстуариев разных типов (таблица). Наиболее продуктивны водотоки с эстуарной зоной первого типа, наименьшую продуктивность имеют реки третьего типа. Эти виды отсутствовали в ритральной зоне рек и в море за пределами эстуарной зоны. По мере удаления от устьевой части водотоков вглубь моря их численность резко падала.

По нашим наблюдениям, в связи с тем, что пресная вода легче морской и, лишь частично смешиваясь, может протекать по поверхности, границы внешней эстуарной зоны можно определить по составу живых представителей солоноватоводных животных, как более резистентных к морской воде. Подобные наблюдения отмечались и у других авторов, например у В.В. Хлебовича (Хлебович, 1965; 1974; 1986).

Ихтиоцен в эстуариях указанных рек в одно и то же время также значительно отличался по количественному и качественному составу. Так, например, в р. Суходол в течение безлёдного периода 1997 г. в уловах присутствовало больше морских видов рыб, а в р. Артемовка – пресноводных (рис. 5–6).

В реках с эстуарной зоной первого типа формируется более разнообразный пресноводный ихтиоцен. Эти рыбы обитают в ней постоянно, размножаются как на участках со слабой солёностью, так и в массе используют эту зону для нагула. Остальные экологические группы рыб (морские, проходные, полупроходные) встречаются в эстуарной зоне периодически, т.е. либо в нерестовый период, либо в период зимовки, либо заходят во время нагульных миграций. В реках третьего типа, к которым относится река Суходол, в эстуарную зону пресноводные виды рыб попадают только во время паводков, когда происходит распреснение данного участка водотока. В остальное время в эстуарии встречаются только морские, проходные, полупроходные виды рыб.

Внутренние границы эстуариев можно очертить местами присутствия малоподвижных донных сообществ (Комендантов, Орлова, 2003). Иногда в верхней части эстуарной зоны, куда редко достигают смешанные воды, образуются псевдопопуляции бентосных организмов (например, в водных объектах Приморья – японской корбикулы *Corbicula japonica* Prime, 1864), которые долгое время могут жить

Таблица

Качественный и количественный состав солоноватоводных планктонных животных эстуарной зоны рек Суходол и Артемовки в (1996 г.)

Вид	р. Суходол				р. Артемовка					
	Месяц	Численность, тыс. экз./м ³ (ср. сут)	Биомасса, г/м ³ (ср. сут)	Размеры, мм		Месяц	Численность, тыс. экз./м ³ (ср. сут)	Биомасса, г/м ³ (ср. сут)	Размеры, мм	
				самки	самцы				самки	самцы
<i>Sinocalanus tenellus</i>	июль	2,8–3,0	0,05–0,1	1,0–1,5	1,0–1,45	июль	15,0–20,0	0,3–0,65	1,2–1,62	1,1–1,55
<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	июль	1,4–2,4	0,038–0,04	1,0–1,72	0,9–1,5	июль	3,0–3,9	0,15–0,2	1,2–1,77	1,0–1,55
<i>Eurytemora pacifica</i>	июль	0,02	0,001–0,003	1,0–1,5	1,05–1,45	июль	1,0–2,0	0,03–0,05	1,3–1,5	1,0–1,5
<i>Eurytemora americana</i>	июнь	0,7–1,0	0,006	1,05–1,6	1,0–1,3	июнь	2,4–3,0	0,05–0,15	1,25–1,75	1,05–1,3

в пресной воде, однако размножаться в ней не могут (Хлебович, 1986).

Граничные зоны эстуариев выделяются и по гидрологическим параметрам (уменьшение скорости потока воды, изменение температуры и солености и т.д.). На основании этого исследователи разграничивают критичные, хорогоалинные (Хлебович, 1965; 1974; 1986) или маргинальные зоны смешения воды (Лисицын, 1994; 2009), в которых происходят кардинальные изменения (рис. 7–8). В первую очередь изменения связаны с переходами через уровни критической солености 5–8 ‰ и 20–30 ‰, это так называемый переход сквозь маргинальные фильтры. У водных организмов переход связан с физиологическими изменениями, а растворенные в воде вещества и взвеси выпадают в виде осадков за счет химической седиментации, а также благодаря биологической фильтрации. Районы, имеющие маргинальные фильтры, характеризуются лавинной седиментацией вещества. Как указывается в работе А.П. Лисицына (1994): «... устьевые области (области маргинальных фильтров), занимающие менее 10 % поверхности океана и менее 0,5 % по объёму, забирают более 90 % осадочного вещества, металлов и солей, поступающих с суши; на эту области приходится более 30 % первичной продукции!».

Осадки терригенного происхождения, выпадающие в верхней части внутреннего эстуария и накапливающиеся в виде специфических илов, служат местообитанием для солоноватоводного зообентоса и могут показывать близость верхней границы эстуарной зоны. В реках япономорского побережья Приморья, где подавляющее большинство рек горного типа, граница между ритралью реки и эстуарием чётко разделяется, благодаря данным илам.

Сама по себе эстуарная зона является экотонном – переходной зоной (Одум, 1975) между морскими и пресноводными экосистемами. Поэтому в ней присутствуют элементы смежных экосистем.

По сути, практически всю морскую прибрежную зону, включая эстуарии, можно рассматривать как единую эстуарно-

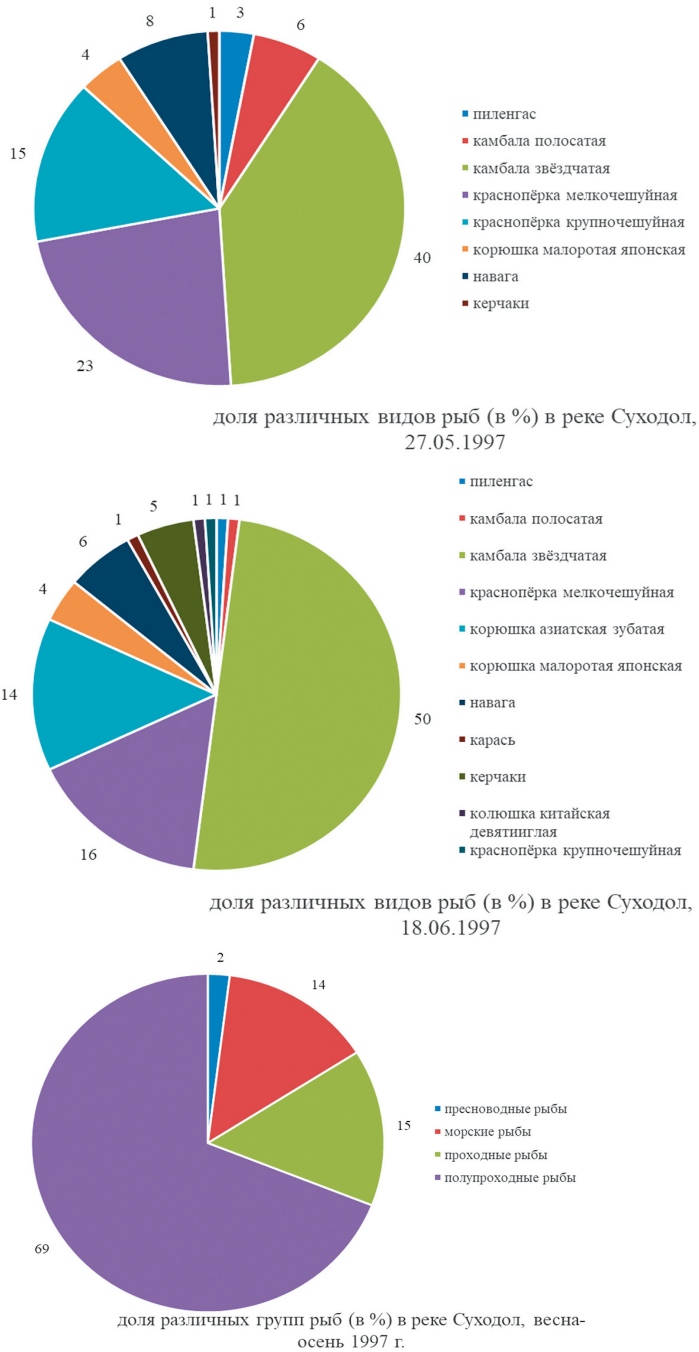


Рис. 5. Состав ихтиоцены в р.Суходол (1997 г.)

прибрежную систему (McHugh, 1967), т.к. в ней в той или иной степени отмечается распреснение, особенно в тёплое время года, за счёт фильтрации части поверхностного стока через рыхлые осадочные породы напрямую в море. Вдоль неё у видов, обитающих в эстуарных зонах, как во взрослом состоянии, так и на разных этапах развития, есть возможность перемещаться от эстуария к эстуарию, заселяя новые водные объекты.

В эстуарно-прибрежной зоне можно одновременно вести промысел (добычу) как сазана (*Cyprinus rubrofasciatus* Lacépède, 1803, карася (*Carassius gibelio* (Bloch,

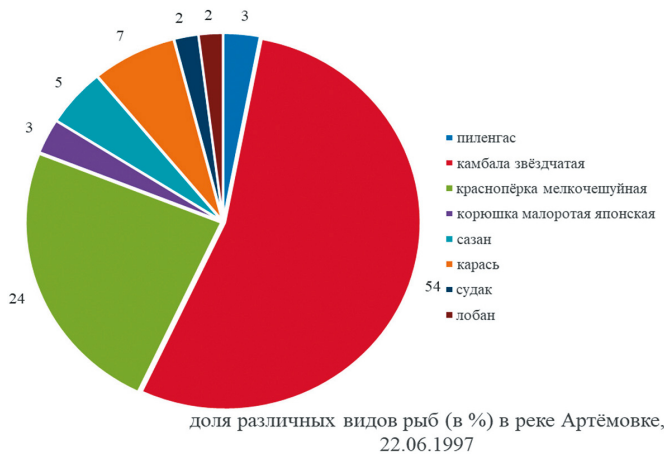
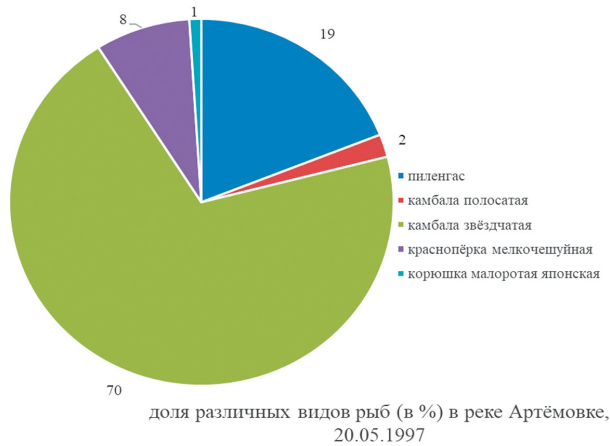


Рис. 6. Состав ихтиоценоза в р. Артемовка (1997 г.)

1782)), так и дальневосточных краснопёрок (краснопёрка крупночешуйная *Pseudaspius* (= *Tribolodon*) *hakonensis* (Günther, 1877) и краснопёрка мелкочешуйная *Pseudaspius* (= *Tribolodon*) *brandtii* (Dybowski, 1872)), корюшек (корюшка зубатая *Osmerus dentex* Steindachner & Kner, 1870, корюшка малоротая проходная японская *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963 и корюшка малоротая морская *Hypomesus japonicus* (Brevoort, 1856)), сельди (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847), камбал (сем. Pleuronectidae – камбала звёздчатая *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787), камбала полосатая *Liopsetta pinnifasciata* (Kner, 1870)), наваги (*Eleginus gracilis* (Tilesius,

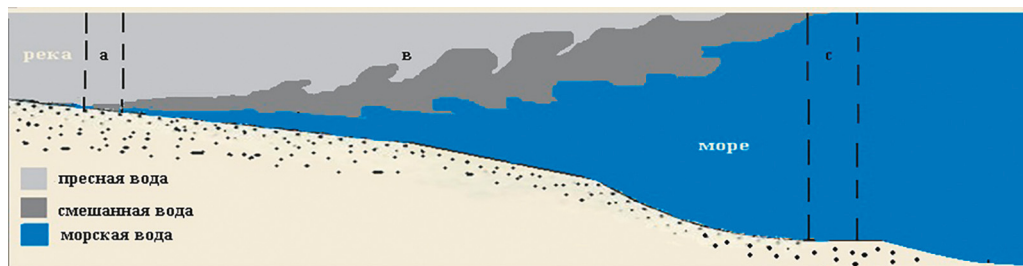


Рис. 7. Зоны солёности и динамика вод в эстуарных зонах во время прилива (а – олигогалинные, в – мезогалинные, с – полигалинные)

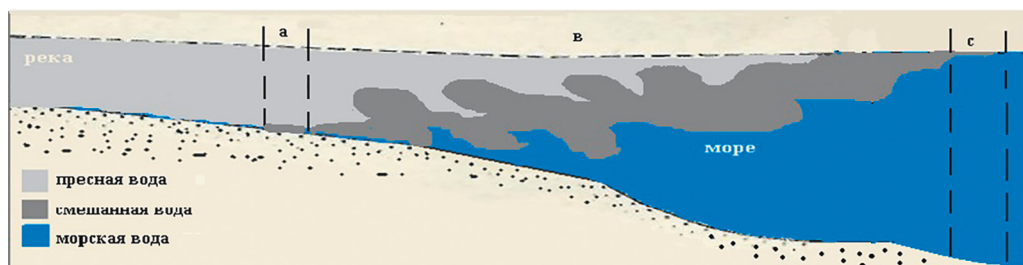


Рис. 8. Зоны солёности и динамика вод в эстуарных зонах во время отлива (а – олигогалинные, в – мезогалинные, с – полигалинные)

1810)), кефали (лобан *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 и пиленгас *Planiliza* (= *Liza*) *haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845)) и др., не меняя района промысла (причем как во внутренней эстуарии, так и во внешней). Запас водных биоресурсов, встречающихся в этой зоне, един, дробление его на чисто пресноводный и чисто морской нецелесообразен, т.к. животные в течение всего жизненного цикла постоянно перемещаются внутри этой зоны и между зонами. Таким образом, определение их запасов должно идти по одному прогнозу с указанием места промысла – в т.ч. «эстуарно-прибрежные системы». Например, по пресноводным видам – внутренние пресноводные водные объекты и эстуарно-прибрежные системы Приморского края, а для морских – внутренние морские воды и эстуарно-прибрежные системы подзоны Приморье южнее м. Золотой.

Таким образом, эстуарий (эстуарная зона) – это динамичная, переходная, граничная (маргинальная) зона между внутренними пресными водами и внутренними морскими водами, в которой происходит смешение морских и пресных вод. В этой зоне встречаются как пресноводные, так и морские представители водной биоты, а также, собственно, солоноватоводные виды. В совокупности с прибрежной зоной она образует единую высокопродуктивную эстуарно-прибрежную систему, переходную зону между морскими и пресноводными экосистемами, через которую посредством маргинальных фильтров происходит лавинная седиментация вещества терригенного происхождения.

Литература

Академические словари и энциклопедии: <http://en.wikipedia.org>.

Барабанщиков Е.И. 1997. Зоопланктон и типизация внутренних эстуариев рек южного Приморья // Тезисы докладов конференции молодых ученых ТИНРО. С. 87–88.

Барабанщиков Е.И. 1998. Сезонные изменения качественного состава зоопланктона эстуарной зоны р. Раздольной // Известия ТИНРО. Т. 123. С. 356–361.

- Большаков С.Г., Барабаничиков Е.И. 2011.** Эстуарно-прибрежные системы, типизация и деление эстуарных зон // Тезисы докладов Четвертой междунар. научно-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». 19–22 сентября 2011 г., Южно-Сахалинск, Россия. Южно-Сахалинск: Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 14–15.
- Комендантов А.Ю., Орлова М.И. 2003.** Экология эстуарных двустворчатых моллюсков и полихет Южного Приморья // Труды ЗИН РАН. Серия: Исследования фауны морей. Вып. 52 (60). СПб. 164 с.
- Лисицын А.П. 1994.** Маргинальный фильтр океанов // Океанология. Т. 34. № 5. С. 735–747.
- Лисицын А.П. 2009.** Закономерности осадкообразования в областях быстрого и сверхбыстрого осадконакопления (лавинной седиментации) в связи с образованием нефти и газа в Мировом океане // Геология и геофизика. Т. 50. № 4. С. 373–400.
- Михайлов В.Н. 1997.** Гидрологические процессы в устьях рек. М.: ГЕОС. 176 с.
- Михайлов В.Н., Горин С.Л., Михайлова М.В. 2009.** Новый подход к определению и типизации эстуариев // Вестник Московского ун-та. География. № 5. С. 3–11.
- Науменко Е.Н. 2010.** Структурно-функциональная организация зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря. Калининград: Изд-во АтлантНИРО. 198 с.
- Одум Ю. 1975.** Основы экологии. М.: Изд-во Мир. 742 с.
- Сафьянов Г.А. 1987.** Эстуарии. М.: Мысль. 187 с.
- Телеш И.В., Науменко Е.Н., Алимов А.Ф. 2009.** Достижения и перспективы изучения эстуарных экосистем: итоги международного симпозиума ECSA-42 (Estuarine and Coastal Science Association-42) // Биология внутренних вод. № 4. С. 3–7.
- Хлебович В.В. 1965.** Физиология эвригалинности: критическая соленость внешней и внутренней среды // Вопросы гидробиологии. Т. 1. С. 440–441.
- Хлебович В.В. 1974.** Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука, 236 с.
- Хлебович В.В. 1986.** К биологической типологии эстуариев Советского Союза // Гидробиологические исследования эстуариев. Труды Зоологического института. Т. 141. Л.: ЗИН АН СССР. С. 5–16.
- Юридический словарь. enc-dic.com/legal/JEstuarij-21_468.html.**
- McHugh J.L. 1967.** Estuarine nekton // Estuaries. American Association for the Advancement of Science. N 83. Washington D.C. P. 581–620.
- Pritchard D.W. 1967.** What is an estuary: a physical viewpoint // Estuaries. American Association for the Advancement of Science. Vol. 1. P. 149–176.