

the forest-steppe zone is reduced due to the increasing anthropogenic load. In addition, *P. multiflorum* is a valuable medicinal and ornamental plant. The studies were conducted in 2016–2017 on the territory of the Republic of Moravia, in the surroundings of large and provincial cities. The study revealed the spatial and age structure of the four coenopopulations plants. The general terms of the vegetation *P. multiflorum* and the duration of the individual stages of plant development were determined. The level of potential and actual fruit formation is established. *P. multiflorum* plants were found scattered or in groups, but most often, the density was 3–4 individuals/m². The studied coenopopulations *P. multiflorum* are mostly normal, full-term. Renewal can be carried out both due to seeds and vegetatively. The latter is observed under favorable conditions for the *P. multiflorum* of existence. The studies have confirmed the view that the *P. multiflorum* is a fairly vulnerable forest species and there is a real risk of loss of the natural gene pool of this wild plant.

Keywords: anthropogenic impact; biodiversity; species ecology; coenopopulation; habitat; perennial herb; abundance; density; morphological characteristics; age structure; seed productivity; phenological phases; mixed forest; growing season.

* * *

УДК 574

DOI 10.24411/2309-4370-2019-14109

Статья поступила в редакцию 30.04.2019

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОЛЁНОСТИ И БИОМАССЫ НЕКТОНА И НЕКТОБЕНТОСА В ЭСТУАРИЯХ КРУПНОЙ РАВНИННОЙ РЕКИ РАЗДОЛЬНАЯ И ГОРНОЙ РЕКИ СУХОДОЛ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2019

Милованкин Павел Геннадьевич, научный сотрудник лаборатории прикладной биоценологии
Катайкина Ольга Игоревна, инженер лаборатории промысловой океанографии
*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
 рыбного хозяйства и океанографии (г. Владивосток, Российская Федерация)*

Аннотация. В данной статье рассматриваются два эстуария – крупной равнинной реки Раздольная и горной реки Суходол (Японское море). Приводятся данные гидрологических съёмок на этих эстуариях и показаны зоны распространения вод различной солёности. Приведены графики изменения биомасс некоторых гидробионтов вдоль русла реки. Проведённые исследования показали, что в реку Раздольная воды с солёностью >5‰ проникают вверх по главному руслу на 15 км. В реке Суходол бывает, что практически весь эстуарий занят солёной водой, а пресная вода прослеживается в слое воды толщиной не более 0,5 м не ближе 500 м до устья реки. В р. Раздольной имеется тенденция к росту уловов гидробионтов от внешнего эстуария к внутреннему (из моря в реку) до максимальных значений на расстоянии 5 км от устья с последующим плавным понижением вверх по течению реки. В р. Суходол удельная биомасса плавно понижается от верха реки до минимума на отметке в 0,4 км от устья с резким ростом в районе самого устья (приустьевая лагуна и морское побережье) и последующим плавным понижением. Удельная биомасса гидробионтов во внутренних эстуариях рек Раздольная и Суходол составила 6,7 и 4,0 г/м² соответственно.

Ключевые слова: эстуарий; внутренний эстуарий; внешний эстуарий; Японское море; залив Петра Великого; Амурский залив; река Раздольная; река Суходол; градиент солёности; биомасса; солёность; зоны барьерных солёностей; нектон; нектобентос; индекс Симпсона; выравненность видов; индекс разности выравненностей; *Planiliza haematocheila*; *Tribolodon* spp.; *Eriocheir japonica*; закидной невод; донный трал.

Введение

Эстуарий – это полузакрытый прибрежный водоём, который связан с морем постоянно или периодически, имеет солёность, отличную от солёности прилегающего открытого океана из-за пресноводного стока, и включает своеобразную биоту [1]. По структуре вод эстуарии разделяются на внутреннюю и внешнюю части. Поверхностный слой во внутреннем эстуарии занят пресной или почти пресной речной водой, а у дна (если глубина достаточно большая) находится клин солоноватых вод. Во внешнем эстуарии поверхностный слой занят шлейфом солоноватых вод, а придонный слой занимают солёные морские воды [2, рис. 1.43–1.45].

Наиболее изученные эстуарии Приморского края – р. Раздольной и р. Суходол – относятся, по классификации Е.И. Барабанщикова, к разным типам. Эта классификация разработана как по морфологическим характеристикам, так и по качественному и количественному составу зоопланктона. Река Раздольная

относится к равнинным рекам с протяжённой эстуарной зоной, река Суходол относится к горным рекам с короткой эстуарной зоной [3]. Речной сток р. Раздольной оценён в 2,46 км³ с пиком 19.05.2011 г. в 730 м³/с [4], многолетний среднегодовой расход составляет 76 м³/с [5], расход р. Суходол оценён в 2,0 м³/с [6].

На эстуариях этих рек исследовано поведение главных биогенных элементов в период малой и большой воды [5], исследована карбонатная система эстуария р. Раздольной [7], кратко описаны и проиллюстрированы расположение речных вод, областей внутреннего и внешнего эстуария по нескольким съёмкам [8], выполнена оценка первичной продукции [9], проведено изучение факторов формирования первичной продукции в период ледостава [10], показано распределение рыб и беспозвоночных [11–19] и изучены закономерности формирования и разрушения гипоксии в эстуариях залива Петра Великого [4].

Но не показана обобщённая схема распространения вод различной солёности в эстуариях рек Раз-

дольная и Суходол, не показаны изменения обилия рыб и декапод по градиенту солёности.

Цель: Обобщить данные гидрологических съёмок и нарисовать генерализованную схему распространения вод различной солёности во внутренних эстуариях рек Раздольная и Суходол. Выяснить закономерности изменения обилия гидробионтов по градиенту солёности в названных эстуариях.

Материалы и методика исследований

Гидрологические съёмки во внутреннем и во внешнем эстуарии р. Раздольной проходили в разное время, но промежуток между ними не превышал нескольких дней. Всего сделано 67 гидрологических станций, в 2010 г. – 16, в 2011 г. – 17, в 2012 г. – 25 и в 2013 г. – 9 станций; всего 5 съёмок (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Даты проведения гидрологических съёмок в эстуариях

Месяц	Раздольная	Суходол
апрель		25.04.2012
май	14–22.05.2012	
июнь	15–30.06.2011	
июль		05.07.2011 28.07.2013
август	16–31.08.2010	04–05.08.2010 08.08.2012 25.08.2011
сентябрь	09–10.09.2013	04.09.2012 22.09.2011
октябрь	30.10.2012	25.10.2012
декабрь		25.12.2012

В течение 2010–2013 гг. в эстуариях р. Суходол проведены 10 съёмок, сделана 201 гидрологическая станция, по данным 75 из них построены разрезы по главному руслу. Дополнительно 5–6 июля 2011 г. выполнялась суточная станция. На суточной станции STD-зонд был установлен на глубине 1,6 метра на расстоянии 15 метров от берега левого русла в 350–400 м от устья реки. Одновременно с измерениями гидрологических показателей велись наблюдения за уровнем с помощью рейки (табл. 1, рис. 2). Съёмки характеризовали разные фазы водного режима рек: зимнюю межень (декабрь), летний паводок (июль – август) и переходные фазы. Температуру и солёность измеряли океанологическим зондом YSI-6600V2, с интервалом по глубине 0,5 м, прозрачность – диском Секки. В 2010 г. батометром брали пробы на гидрохимический анализ содержания растворённого в воде кислорода, концентрации фосфатов, силикатов, нитритов и нитратов из/в поверхностного и придонного слоя воды. Содержание в воде растворённого кислорода определяли титрованием по методу Винклера [20] с точностью 0,05 мгО₂/л. Активную реакцию рН измеряли рН метром марки HI-9025 фирмы Hanna (Польша). Биогенные элементы определяли на электрофотоколориметре КФК-3 (СССР) согласно существующим методикам [21].

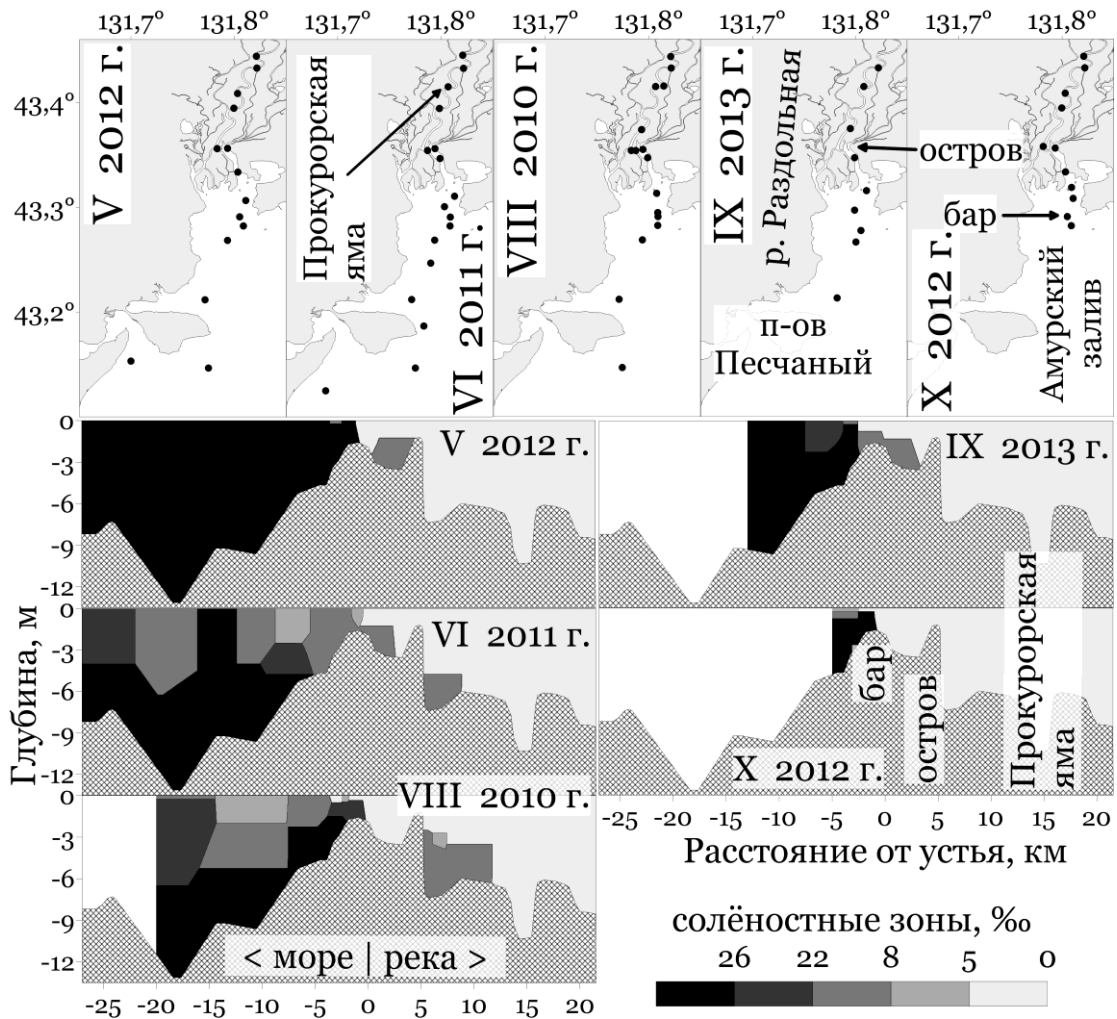


Рисунок 1 – Карта-схема съёмки эстуария р. Раздольная с нанесёнными гидрологическими станциями и расположением солёностных зон (‰) по разрезу главного русла «р. Раздольная – Амурский залив» в мае–октябре 2010–2013 гг. Приведены десятичные координаты

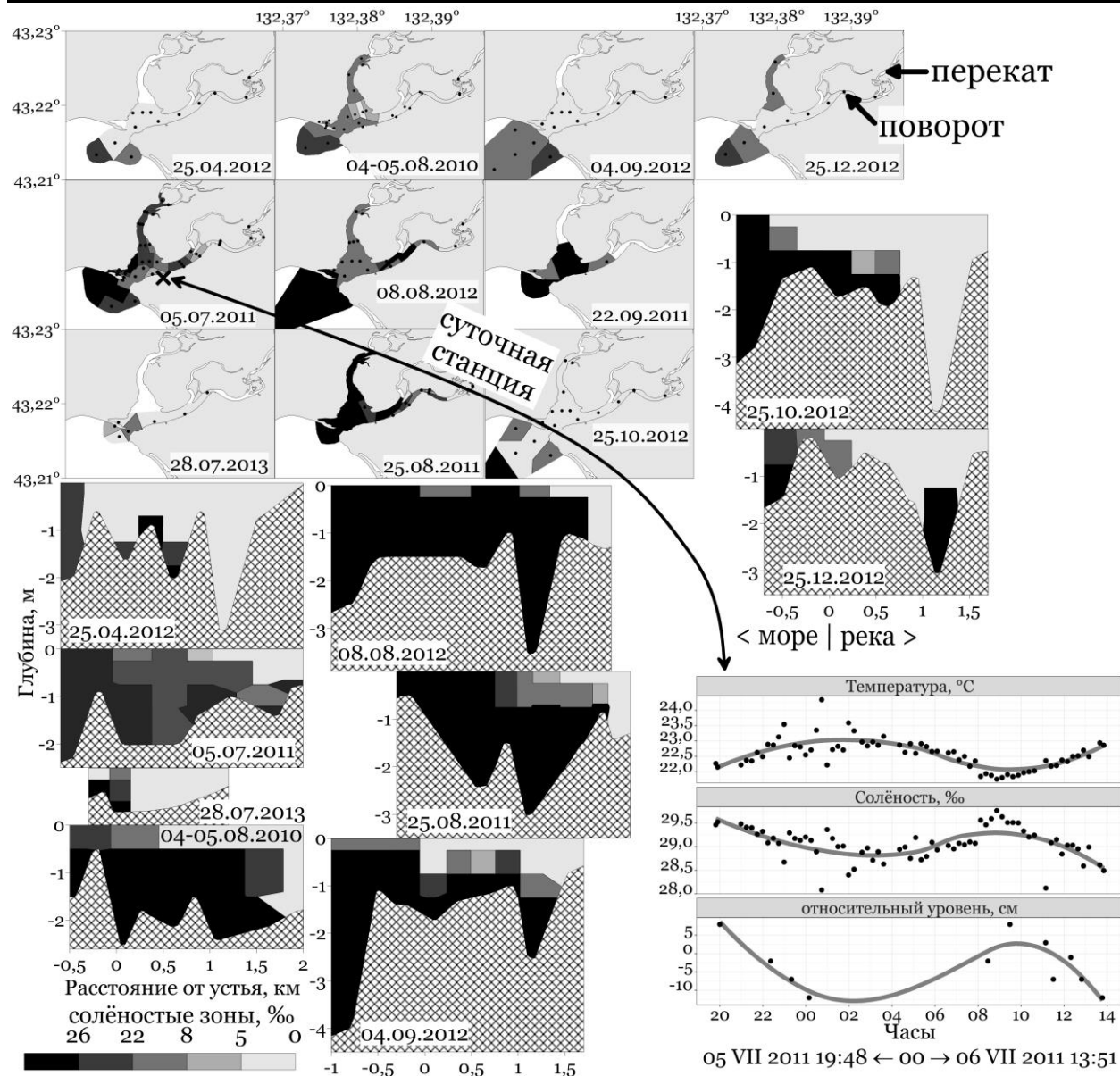


Рисунок 2 – Карта-схема эстуария р. Суходол, с нанесёнными гидрологическими станциями, нанесёнными солёностными зонами (‰) на поверхности и по разрезу левого (главного) русла р. Суходол в апреле – декабре 2010–2013 гг. и суточная станция в июле 2011 г. (нижний правый угол).

Здесь и далее толстая серая линия – аппроксимирующая кривая. Приведены десятичные координаты

Согласно основным принципам концепции относительности и множественности зон барьерных солёностей, использованы следующие границы солёностных зон: 0–5‰ олигогалинная зона, 5–8‰ α-хорогалинная зона, 8–22‰ мезогалинная зона, 22–26‰ β-хорогалинная зона и >26‰ эугалинная зона [22]. Карты распределения солёностных зон построены в программе Golden Surfer 15, использована интерполяция по методу Nearest Neighbor, т.к. этот метод не экстраполирует значения за пределы диапазона выборочных данных и позволяет использовать линии разломов (вкладка «Breaklines and Faults»). На рисунках 1 и 2 приведены десятичные координаты.

Лов рыб и декапод (нектобентоса) в реках проводили мальковым неводом (длина – 15,0 м, высота – 2,5 м, размер ячеи в кутке – 5 мм). Облавливались преимущественно виды гидробионтов, особи которых имеют небольшие размеры, или их молодь. Коэффициент уловистости (КУ) невода был принят равным единице. Ловы в р. Раздольной проводили в мае – сентябре 2005–2010 гг., в р. Суходол с мая по

октябрь 2006–2013 гг. В р. Раздольной выполнено 234 лова, во внешнем эстуарии р. Суходол выполнено 35 ловов, а в внутреннем – 139 лова закидным неводом. Площадь внутреннего эстуария Раздольной принята равной 11,2 км², внешнего эстуария Суходола – 0,07, а внутреннего – 0,38 км². Экспертным путём в р. Раздольной было выделено 18 биотопов, в р. Суходол – семь. Численность (экз./м²) и биомасса (г/м² или т/км²) гидробионтов в русле реки вычислены делением суммарного улова на суммарную обловленную площадь по каждому биотопу за месяц. При расчётах использовано среднее арифметическое месячных уловов.

Траления в куту Амурского залива, от устья р. Раздольной до южной оконечности п-ова Песчаный, на глубинах до 13 м, выполнены в мае – сентябре 1990–2014 гг., в основном в 2008–2010 гг., научно-исследовательскими судами ТИНРО-центра различных типов: МКРТМ «Бухоро», «Лаукува», МмДС «Пионер», МмРТР «Янтарь», МРС 055 и 5005. Использовали следующие орудия лова: бимтрал, оттер-

трал, тралы ДТ 20, ДТ 21,7, ДТ 23 и ДТ 27,1/24,4. Данные тралений взяты из БД «Морская биология» (свидетельство госрегистрации № 0220006765). Всего в куту Амурского залива выполнено 244 донных траления. Численность и биомасса гидробионтов рассчитаны «площадным» методом с различными КУ [23]. Площадь внешнего эстуария р. Раздольной принята равной 257,4 км², он разбит на 3 биотопа.

В качестве индикатора доминирования одного или нескольких видов использован индекс разнообразия Симпсона [24] в трактовке Шитикова, Розенберга и Зинченко [25, с. 168, фор. 4.11]:

$$C = \sum (n_i/N)^2,$$

где n_i – оценка значимости каждого вида (биомасса), N – сумма оценок значимостей. Поскольку при возведении в квадрат малых отношений n_i/N получают очень малые величины, индекс Симпсона тем больше, чем сильнее доминирование одного или нескольких видов. Он очень чувствителен к присутствию в выборке наиболее обильных видов, но слабо зависит от видового богатства [26, с. 60].

Для анализа размерной структуры сообществ использовался индекс разности выравненностей De (difference of the evenness) [27] в трактовке Шитикова и Головатюка [28, с. 90]:

$$De = J_b - J_a = \left(\frac{H_b - H_a}{\log_2 S} \right),$$

где $J = \frac{H}{\log_2 S}$ – индекс видовой выравненности Пиелу рассчитанный по J_a численности и J_b биомассе, $H = -\sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} * \log_2 \frac{n_i}{N} \right)$ – энтропия Шеннона, S – число видов. Показатель варьирует от -1 (преобладание относительно мелких видов) до $+1$ (преобладание относительно крупных видов), близкие к 0 значения указывают на смешанную размерную структуру с доминированием как крупных, так и мелких форм организмов.

Выравненность видов рассчитывали через индекс Макинтоша (цит. по [29, с. 102]):

$$E = \frac{N - \sqrt{\sum n_i^2}}{N - N/\sqrt{S}}.$$

Чтобы увидеть паттерны (закономерности), в облаке точек (см. рис. 4–5) были нарисованы линии тренда – толстые серые линии. Эти линии были нарисованы командой `geom_smooth(...)` из библиотеки `ggplot2` в программе R 3.5 [30]. Для рисунка 5 была использована та-же команда с дополнительным параметром `span`: `geom_smooth(..., span = 2)`. Систематика приведена по WORMS [31].

Результаты исследований

Сетка гидрологических станций в эстуариях р. Раздольной простиралась вглубь реки на 22 км и на 26 км в сторону моря до южной оконечности п-ова Песчаный (находится на западном берегу Амурского залива). За нулевую точку принята точка, находящаяся на речном बारे – «бар». Ещё две значимые точки – Прокурорская яма (местное название ямы – «Прокурорская», в ней ушла под лёд машина прокурора с семьёй) и Остров (небольшие островки

посредине главного русла, в их районе река делает крутой изгиб, являются хорошим ориентиром). Прокурорская яма расположена на расстоянии в 15 км, Остров – в 5 км от бара вглубь реки.

На схеме разреза по главному руслу р. Раздольной хорошо видно, что всё сечение всегда заполнено пресной водой (0–5%) от верхней станции до Прокурорской ямы. Эта олигогалинная зона простирается от 22 до 15 км от бара вверх по течению реки. Слой пресной воды (0–5%) имеет толщину не менее 4 м от самой верхней станции до Острова, от 22 до 5 км от бара вверх по течению реки. В этом слое пресной воды преобладает вода солёностью 0–1%. Линза воды солёностью 8–22% иногда залегают у дна между станциями Прокурорская яма и Остров, между 15 и 5 км от бара вверх по течению реки, это мезогалинная зона. Воды солёностью >5% не проникают выше 15 км от устья реки, или до Прокурорской ямы. Иногда от Острова до бара в устье реки (от 5 до 0 км) сечение реки полностью занято пресной (солёностью 0–5%) водой. Только за баром наблюдается вода солёностью >22%, это β-хорогалинная зона. За баром, глубже 6 м, находится вода солёностью >26%, это эугалинная зона, иногда она начинается сразу за баром. Ниже 1 км от бара в сторону моря вода с солёностью 0–5% не наблюдается. Разбавление морской воды речной отчётливо прослеживается в слое первых нескольких метров (3–4 м от поверхности) от бара до п-ова Песчаный и южнее (рис. 1).

Сетка гидрологических станций в эстуариях р. Суходол простиралась вглубь реки на 2 км и на 0,8 км в сторону моря от устья реки. В внутреннем эстуарии, по левому – главному руслу, находятся две точки – «поворот» и «перекат». В районе станции «поворот» находится зимовальная яма с глубиной больше 4 м метров, и в этом районе река изменяет направление течения на 90°, а на станции «перекат» находится первый, с стороны моря, или последний, со стороны реки, перекат. Станция «поворот» находится на расстоянии 1,1 км от устья реки, «перекат» – чуть меньше 2 км. Распределение солёности говорит о том, что вода из реки в правый рукав почти не поступает. По данным суточной станции хорошо видно колебания уровня воды и связанного с этим поступлением – отступлением более солёных и холодных морских вод с периодом примерно 12 часов. На схеме разреза по главному (левый рукав) руслу р. Суходол хорошо видно, что бывают случаи как полного заполнения эстуария морской водой, так и вытеснения морской воды за пределы устья. В периоды максимума речной воды всё сечение реки от «переката» до «поворота», от 1,1 до 2 км от устья, занято пресной 0–5% водой. Станция «поворот» представляет собой зимовальную яму с глубиной больше 4 м. Эта яма, как правило, занята водой солёностью >22%, но в апреле и в октябре 2012 г. была полностью заполнена пресной водой. Всё сечение главного русла р. Суходол бывает заполнено пресной водой только с 800 м от устья. Слой пресной воды толщиной 0,5–1,0 м прослеживается почти на 300 м от устья в сторону моря. В периоды полного заполнения эстуария морской водой – вода с солёностью >22% прослеживается на 2 км вверх по руслу от устья (05.07.2011), солёность воды на станции «по-

ворот» достигает 33,53‰ на глубине 1,5 м и 10,71‰ на поверхности (08.08.2012) (рис. 2).

Е.В. Колпаков поймал сачком подкаменщика Черского *Cottus czerskii* Berg, 1913 во внутреннем эстуарии р. Суходол за станцией «поворот», примерно 1,0–1,5 км от устья (личное сообщение). Автором этой статьи был пойман руками живой экземпляр сайры тихоокеанской *Cololabis saira* (Brevoort, 1856) во внутреннем эстуарии р. Суходол (примерно 300–400 м от устья).

Если суммировать данные рисунков 1 и 2 в виде генерализованной схемы, а также принять во внимание некоторые литературные данные, то можно нарисовать схему районирования эстуариев рек Раздольная и Суходол по распределению солёности вдоль главного русла. Причём р. Раздольную можно отобразить единой схемой, а для р. Суходол надо учесть два разных сценария: когда наблюдается большой сток пресной воды (на рисунке «большой сток пресных вод») и случаи полного заполнения эстуария морской водой (на рисунке «экспансия морской воды») (рис. 3).

По данным съёмок эстуариев рек Суходол и Раздольная в августе 2010 г. удалось сравнить воды внутренних эстуариев по некоторым гидрохимическим параметрам. Вода в главном русле реки Раздольная не сильно изменялась по мере вбирания в себя многочисленных притоков. Воды верхней части эстуария реки Суходол более холодные, в них содержится больше кислорода, они более щелочные, но намного меньше фосфатов, больше кремния и меньше нитритов по сравнению с водами верхней части эстуария реки Раздольная. В нижней части эстуария реки Суходол вода схожа по температуре, содержанию кислорода и кремнию с водами нижней части эстуария р. Раздольной. В целом, в эстуарии

р. Суходол немного выше рН, меньше хлорофилла *a*, намного меньше фосфатов, нитритов и нитратов, чем в эстуарии р. Раздольной.

При рассмотрении распределения удельной биомассы отдельных уловов в зависимости от расстояния от устья р. Раздольной отмечен большой разброс значений, особенно во внешнем эстуарии. Только во внешнем эстуарии встречались уловы больше 100 и меньше 0,01 г/м². Прослеживается следующая закономерность: небольшой рост удельной биомассы уловов от внешнего эстуария к внутреннему до максимальных значений в переходной зоне между ними. Этот район повышенной удельной биомассы уловов находится примерно на расстоянии 0–5 км в русле р. Раздольной. Такие виды, как дальневосточные краснопёрки *Tribolodon* spp. Sauvage, 1883, пиленгас *Planiliza haematocheila* (Temminck & Schlegel, 1845) и японская малоротая корюшка *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963 широко распространены вдоль всего эстуария. Полосатая камбала *Liopsetta pinnifasciata* Kner, 1870 более распространена во внешнем эстуарии, хотя и проникает во внутренний на 10 км и более. Японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* (De Naan, 1835), наоборот, более распространён во внутреннем эстуарии и ещё плохо облавливается донными тралами в куту Амурского залива (рис. 4).

В эстуариях р. Суходол происходят более сильные изменения в распределении удельной биомассы отдельных уловов: в целом удельная биомасса уловов плавно понижается от верха реки до минимума на отметке в 0,4 км от устья с резким ростом в районе самого устья (приустьевая лагуна и морское побережье) и последующим плавным понижением. Все пять выделенных вида распространены по всему эстуарию, только *L. pinnifasciata* не проникает вглубь реки больше 1 км (рис. 4).



Рисунок 3 – Схема районирования эстуариев р. Раздольная и Суходол по распределению солёности вдоль главного русла в тёплый период.

НП – наблюдательный пункт ТИПРО-центра

Максимальное количество видов рыб и нектобен-тоса в единичном улове отмечено во внешнем эстуа-рии р. Раздольной – 23 вида. От внутреннего эстуа-рия к внешнему количество видов незначительно снижалось, а на расстоянии в –10 км от устья реки сравнялось, а к –20 км от устья достигло ≈ 10 видов за улов. В эстуариях р. Суходол максимальное коли-чество видов в одном улове не превышало 17. Но в среднем было всегда выше, чем в реке Раздольной. И в отличие от Раздольной среднее количество видов в одном улове возрастало при приближении к устью, а не уменьшалось (рис. 5).

Доминирование отдельных видов, согласно ин-дексу Симпсона, в реке Раздольной плавно нарастало до максимальных значений на отметки в –5 км (внешний эстуарий) с последующим снижением (рис. 5). В реке Суходол максимальное доминирова-ние отдельных видов отмечено примерно в 0,7 км от устья реки и в целом не так сильно выражено, как в реке Раздольной. Равномерность распределения ви-дов по их обилию в сообществе, или выравнивание, была практически прямой противоположностью до-минированию (индексу Симпсона). В реке Раздоль-ной выравнивание плавно уменьшалось до миниму-ма на отрезке внешнего эстуария от –5 до –10 км от устья с последующим повышением. В реке Суходол, наоборот, выравнивание во внутреннем эстуарии повышалась, а не понижалась и достигала максиму-ма на расстоянии от устья 0,25–0,75 км в сторону ре-ки. В среднем во всех реках никогда не опускалась ниже 0,5. Поведение этих двух индексов показывает, что в эстуариях присутствуют «критические» точки, в которых меняется структура соотношения отдель-

ных видов по обилию, а именно биомасса несколь-ких видов превосходит биомассу всех остальных присутствующих видов в наибольшей степени. В э-стуариях р. Раздольной эта «критическая» точка нахо-дится примерно в 10–5 км во внешнем эстуарии, в эстуариях р. Суходол – 0,5–0,7 км во внутреннем э-стуарии.

Разность выравниванностей в реке Раздольной плавно повышалась от внутреннего эстуария к внешнему, т.е. размеры животных плавно увеличивались. При-чём во внутреннем эстуарии преобладали относитель-но мелкие формы гидробионтов, а во внешнем относи-тельно крупные. В реке Суходол разность выравниван-ностей была положительной только на самых удалён-ных от устья станциях, её минимум (преобладание мелких форм) отмечен в точке 0,75 км от устья (рис. 5). Ранее было отмечено, что минимальные раз-меры рыб наблюдаются в приустьевой лагуне р. Су-ходол, а доля рыб длиной более 150 мм была макси-мальной в море [15]. Схожая тенденция, с преоблада-нием мелких форм в зоне критической солёности, бы-ла продемонстрирована С.О. Скарлато и И.В. Телеш на примере протист Балтийского моря [32].

Первые три доминирующих вида (по биомассе): во внутреннем эстуарии Раздольной – *P. haematocheila*, большеголовый пескарь *Gobio macrocephalus* Mori, 1930 и *E. japonica*; в куту Амурского залива – *L. pinnifasciata*, *Tribolodon* spp. и сельдь тихоокеан-ская *Clupea pallasii pallasii* Valenciennes, 1847; во внутреннем эстуарии р. Суходол – *P. haematocheila*, *Tribolodon* spp. и *E. japonica*; во внешнем эстуарии Суходола – *Tribolodon* spp., лобан *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 и *L. pinnifasciata*.

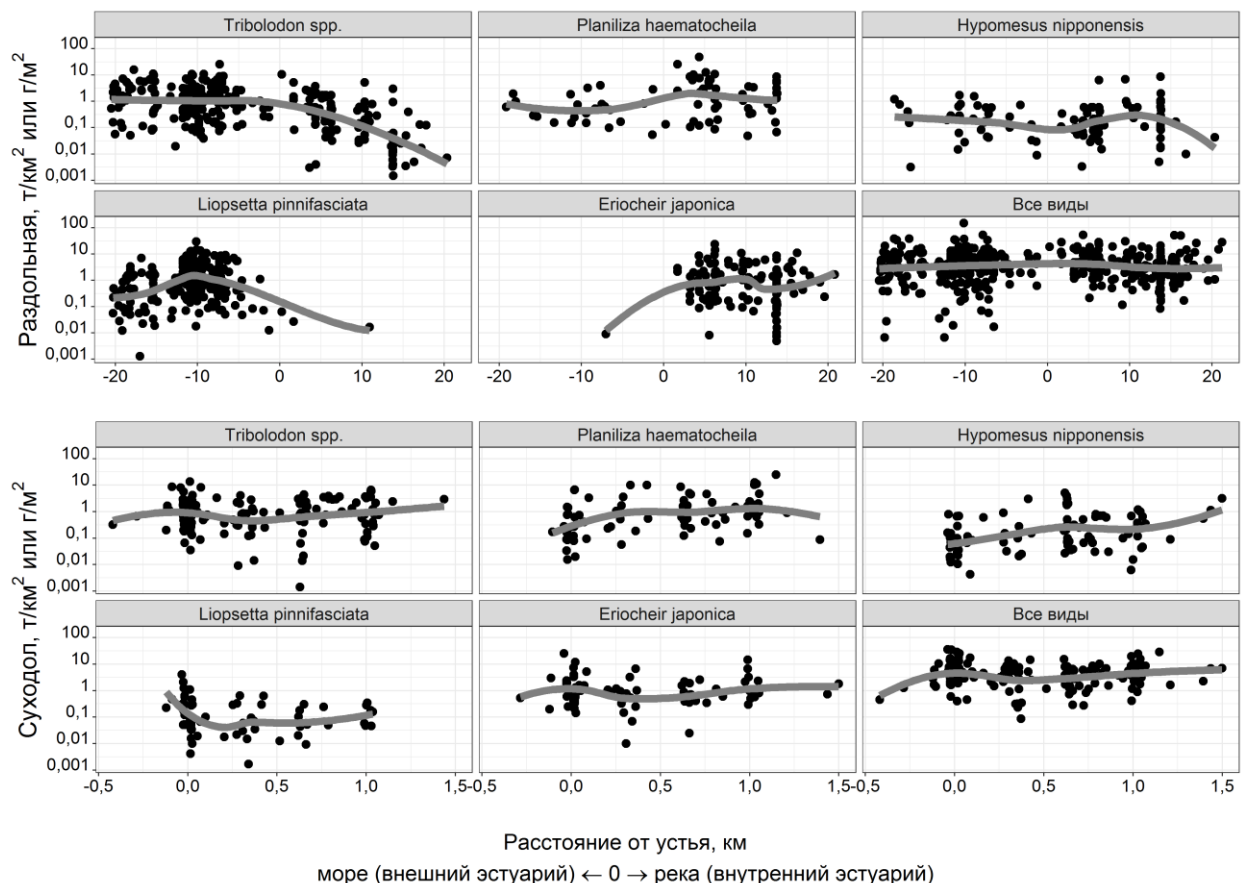


Рисунок 4 – Изменение удельной биомассы (т/км² или г/м²) отдельных уловов рыб и *E. japonica* в зависимости от расстояния от устья рек Раздольная и Суходол (в км). Влево – море (внешний эстуарий), вправо – река (внутренний эстуарий)

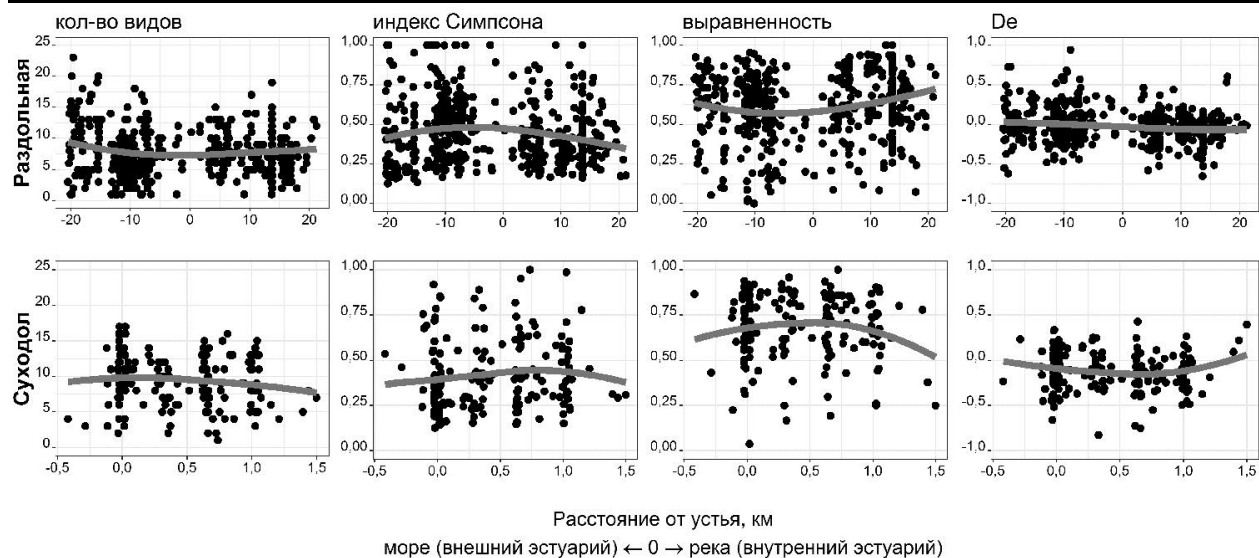


Рисунок 5 – Изменение количества видов и рассчитанных индексов по каждому лову в зависимости от расстояния от устья рек Раздольная и Суходол. Влево – море (внешний эстуарий), вправо – река (внутренний эстуарий)

В ходе работ были установлены некоторые усреднённые показатели эстуариев разнотипных рек Суходол и Раздольная. Удельная биомасса гидробионтов всегда выше во внешнем эстуарии, 9,1 и 6,4 против 6,7 и 4,0 г/м², соответственно Раздольная и Суходол. Если принять в внимание, что во внешнем эстуарии р. Суходол было выполнено мало тралений (35 против 139) и все локально, а следовательно, и видовой список неполный и обеднённый, то и видовое разнообразие внешнего эстуария выше. В уловах в эстуариях р. Раздольной в тёплый период года отмечено 108 таксонов гидробионтов (рыб – 88, декапод – 20), принадлежащих 43 семействам. Только в р. Раздольной встречались 24 вида, в куту Амурского залива – 67 видов, во всех районах – 17 видов. В уловах в эстуариях р. Суходол в тёплый период года отмечено 73 таксонов гидробионтов (рыб – 63, декапод – 10), принадлежащих 33 семействам. Только в р. Суходол встречались 24 вида, во внешнем эстуарии – 11 видов, и во внешнем и во внутреннем – 38 видов. Доминирование отдельных видов в эстуариях выражено слабо и различается не более чем на 0,054 между крайними значениями индекса Симпсона, рассчитанного для внешнего и внутреннего эстуариев названных рек. Выравненность видов по обилию ниже во внешнем эстуарии, т.е. виды во внешнем эстуарии имеют менее равное обилие, чем во внутреннем, что особенно заметно на примере р. Раздольной. Разность выравненностей показывает, что во внешнем эстуарии обитают более крупные формы, а самые мелкие обитают в внутреннем эстуарии р. Раздольная (табл. 2).

Таблица 2 – Некоторые показатели эстуариев рек Раздольная и Суходол

Показатели	р. Раздольная		р. Суходол	
	внешний	внутренний	внешний	внутренний
биомасса, г/м ² (т/км ²)	9,1	6,7	6,4	4,0
кол-во таксонов	84	41	49	62
индекс Симпсона	0,156	0,140	0,102	0,128
выравненность	0,513	0,765	0,725	0,739
индекс разности выравненностей	0,151	-0,043	0,047	0,025
площадь, км ²	257,4	11,2424	0,0743	0,3761

Обсуждение

Ещё К.А. Гомоюнов отмечал, что почти до самого Раздольного (примерно в 20 километрах от впадения р. Раздольной в Амурский залив) отмечаются приливно-отливные течения [33, с. 76]. В маловодном 1997 г. на реперном разрезе в 17 км от устья реки (здесь находится наблюдательный пункт ТИПРО-центра) придонная солёность в июле достигала 10–20‰, и здесь же отмечены многочисленные поимки желтопёрой собаки-рыбы (*Takifugu xanthopterus* (Temminck & Schlegel, 1850)) [34]. А нами такая солёность отмечалась только до 15–13 км от устья, до Прокурорской ямы. В 2007 г. отмечалось довольно массовое появление рыб рода *Pampus*, Bonaparte, 1834 во внутреннем и внешнем эстуарии р. Раздольной от Тавричанского лимана до Второй Речки (около 12 км от устья реки) в течение августа – первой половины сентября [35]. Наверное, поэтому на схеме С.Г. Большакова внутренний эстуарий р. Раздольной показан практически до села Раздольное [36]. В период ледостава (малой водности зимой) морские воды проникают в р. Раздольную на расстояние до 30 км [10]. Исходя из всего вышеизложенного, можно провести верхнюю границу внутреннего эстуария р. Раздольной (если за его границу признать воды солёностью <5‰) на отметке в 15 км от устья вглубь реки. Эта граница может продвигаться до 17 км в маловодные годы и до 30 км в период ледостава. С другой стороны, внешний эстуарий р. Раздольной начинается за баром, т.к. только там отмечена β-хорогаалинная зона с солёностью >22‰. Глубже 6 м за баром – всегда эугалинная зона. В период паводка в августе 2005 г. влияние речного стока в Амурском заливе наблюдалось на расстоянии более 50 км от устья реки [10], мы смогли отследить только до южной оконечности п-ова Песчаный. Хотя в Амурском заливе может примешиваться сток других рек, например реки Амба.

Внутренний эстуарий р. Суходол начинается сразу после последнего речного переката (2 км вверх по течению от устья), но солоноватые воды, как прави-

ло, проникают до 1,5 км вверх по течению. Солоноватые воды могут достигать устья реки и немного выходить в море (из внутреннего эстуария во внешний). В случае экспансии морских вод в реку, внутренний эстуарий бывает почти полностью заполнен морской водой с солёностью >26‰, до расстояния в 200–300 м от последнего переката.

Таким образом, внутренние эстуарии Раздольной и Суходола оказываются в совершенно разной степени подвластны затоку морских вод. Так, в эстуарий Раздольной морская вода может проникать до отметки в 30 км, а в эстуарий Суходола только до 1,5 км от устья. Как правило, в р. Раздольной в поверхностном 4-метровом слое наблюдается пресная вода (солёность 0–5‰), в р. Суходол этот слой значительно тоньше – 0,5–1,0 м и может отмечаться не всегда.

Биомасса рыб во внутреннем эстуарии р. Раздольной изменялась в пределах 2,6–9,7 г/м² [11], более поздние оценки дают величину 4–10 г/м² [13]. Наша оценка биомассы рыб и декапод, пересчитанная по одной методике на основе всех имеющихся данных, – 6,7 г/м² (по: [17]). Прослеживается небольшой рост удельной биомассы отдельных уловов от внешнего эстуария к внутреннему до максимальных значений в переходной зоне между ними. Этот район повышенной удельной биомассы отдельных уловов находится примерно на расстоянии 0–5 км в русле р. Раздольной. Но при этом удельная биомасса гидробионтов во внешнем эстуарии была выше, чем во внутреннем, 9,1 против 6,7 г/м² соответственно. Пик первичной продукции наблюдается на расстоянии от –2 до 2 км от бара реки [8, с. 141, рис. 7а).

Биомасса рыб в эстуариях Суходола изменялась в пределах 4,3 г/м² [12], более поздние оценки дают величину 1,65–8,29 г/м² [14]. Наша оценка биомассы рыб и декапод, пересчитанная по одной методике на основе всех имеющихся данных, – 4,4 г/м². В эстуариях Суходола происходят более сильные изменения в распределении удельной биомассы отдельных уловов, чем в эстуариях Раздольной: удельная биомасса уловов плавно понижается от верха реки до минимума на отметке в 0,4 км от устья с резким ростом в районе самого устья (приустьевая лагуна и морское побережье) и последующим плавным понижением. Но при этом удельная биомасса гидробионтов во внешнем эстуарии была выше, чем во внутреннем, 6,4 против 4,0 г/м² соответственно. Пик первичной продукции в р. Суходол наблюдается на расстоянии от –1 до –0,25 км от бара реки [9, с. 141, рис. 7б).

Выводы

Верхняя граница внутреннего эстуария р. Раздольной (если за его границу признать воды солёностью <5‰) находится на отметке в 15 км от устья вглубь реки. Эта граница может продвигаться до 17 км в маловодные годы и до 30 км в период ледостава. Внешний эстуарий р. Раздольной начинается за баром, т.к. только там отмечена β-хорогалинная зона с солёностью >22‰. Глубже 6 м за баром – всегда эугалинная зона с солёностью >26‰. В уловах в эстуариях р. Раздольной в тёплый период года отмечено 108 таксонов гидробионтов (рыб – 88, декапод –

20), принадлежащих 43 семействам. Наблюдается небольшой рост удельной биомассы отдельных уловов от внешнего эстуария к внутреннему до максимальных значений в переходной зоне между ними, примерно на расстоянии 0–5 км во внутреннем эстуарии.

Верхняя граница внутреннего эстуария р. Суходол находится на отметке в 2 км от устья, в районе последнего речного переката. В случае экспансии морских вод в реку внутренний эстуарий бывает почти полностью заполнен морской водой с солёностью >26‰, до расстояния в 200–300 м от последнего переката. В уловах в эстуариях р. Суходол в тёплый период года отмечено 73 таксона гидробионтов (рыб – 63, декапод – 10), принадлежащих 33 семействам. Удельная биомасса отдельных уловов плавно понижается от верха реки до минимума на отметке в 0,4 км от устья с резким ростом в районе самого устья (приустьевая лагуна и морское побережье) и последующим плавным понижением.

Удельная биомасса гидробионтов всегда выше во внешнем эстуарии, 9,1 и 6,4 против 6,7 и 4,0 г/м², соответственно Раздольная и Суходол. Во внутреннем эстуарии рассмотренных рек виды-доминанты – *P. haematocheila* и *E. japonica*. Во внешнем – *L. pinnifasciata* и *Tribolodon* spp. Видовое разнообразие внешних эстуариев выше. Доминирование отдельных видов в эстуариях выражено слабо и различается не более чем на 0,054 между крайними значениями индекса Симпсона, рассчитанного для внешнего и внутреннего эстуариев названных рек. Выравнивание видов по обилию ниже во внешнем эстуарии, т.е. виды во внешнем эстуарии имеют менее равное обилие, чем во внутреннем, что особенно заметно на примере р. Раздольной. Во внешнем эстуарии обитают более крупные формы, чем во внутреннем, а самые мелкие обитают во внутреннем эстуарии р. Раздольной.

Благодарности

Авторы искренне признательны Маргарите Николоаевне Штремель (МГУ им. Ломоносова) за участие в съёмке в июле 2011 г. и выполнение суточной станции на р. Суходол. А также: д.г.н. Ю.И. Зуенко, н.с. В.И. Рачкову, д.б.н. Н.В. Колпакову, н.с. Е.В. Колпакову, А.В. Ольховику, А.Ю. Чепурному, А.С. Вазжовой и Д.Ю. Ржа.

Список литературы:

1. Elliott M., Whitfield A.K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2011. Vol. 94. P. 306–314.
2. Зуенко Ю.И. Промысловая океанология Японского моря: монография. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. 227 с.
3. Барабанщиков Е.И., Магомедов Р.А. Состав и некоторые черты биологии рыб эстуарной зоны рек южного Приморья // Известия ТИНРО. 2002. Т. 131. С. 179–200.
4. Семкин П.Ю. Гипоксия эстуариев залива Петра Великого: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.28. Владивосток, 2018. 140 с.
5. Звалинский В.И. и др. Биогенные элементы и первичная продукция в эстуарии реки Раздольной

(Амурский залив Японского моря) // Биология моря. 2005. Т. 31, № 2. С. 107–116.

6. Будаева В.Д., Зуенко Ю.И., Макаров В.Г. Структура и циркуляция вод бухты Суходол (Уссурийский залив, Японское море) // Известия ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 226–234.

7. Тищенко П.Я. и др. Карбонатная система эстуария реки Раздольной (Амурский залив Японского моря) // Биология моря. 2005. Т. 31, № 1. С. 51–60.

8. Важова А.С., Зуенко Ю.И. Особенности распределения биогенных элементов вдоль градиента солёности в эстуариях рек Суходол и Раздольная (залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 226–235.

9. Важова А.С., Зуенко Ю.И. Оценка первичной продукции в эстуариях рек Раздольная и Суходол (залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2015. Т. 182. С. 132–143.

10. Звалинский В.И. и др. Продукционные характеристики эстуария реки Раздольной в период ледостава // Известия ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 155–174.

11. Колпаков Н.В. Новые данные по составу и распределению рыб в эстуариях южного Приморья. 1. Раздольная // Известия ТИНРО. 2008. Т. 153. С. 155–166.

12. Колпаков Н.В. Новые данные по составу и распределению рыб в эстуариях южного Приморья. 2. Малые водоемы // Известия ТИНРО. 2008. Т. 153. С. 167–180.

13. Колпаков Н.В., Милованкин П.Г. Распределение и сезонные изменения обилия рыб в эстуарии реки Раздольная (залив Петра Великого, Японское море) // Вопросы ихтиологии. 2010. Т. 50, № 4. С. 495–509.

14. Колпаков Н.В., Милованкин П.Г. Состав и сезонная изменчивость сообщества рыб эстуария реки Суходол (Уссурийский залив, Японское море) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. 2011. № 5. С. 232–238.

15. Колпаков Н.В. и др. Использование рыбами топических и трофических ресурсов разных биотопов эстуария реки Суходол (залив Петра Великого) // Известия ТИНРО. 2013. Т. 174. С. 187–207.

16. Колпаков Н.В. Структурно-функциональная организация эстуарных экосистем северо-западной части Японского моря: дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Владивосток, 2017. 523 с.

17. Милованкин П.Г., Катайкина О.И. Изменения состава уловов рыб и декапод по градиенту солёности в реке Раздольной и куту Амурского залива в тёплое время года // Известия ТИНРО. 2018. Т. 193. С. 68–77.

18. Милованкина А.А., Фадеева Н.П., Чертопруд Е.С. Распределение мейобентоса по градиенту солёности в эстуарии реки Раздольной Приморского края // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 1 (22). С. 76–83.

19. Milovankina A., Fadeeva N. Spatial distribution of Nematoda communities along the salinity gradient in of the two estuaries of the Sea of Japan // Russian Journal of Nematology. 2019. Vol. 27 (1). P. 1–12.

20. Блинов Л.К. Руководство по морским гидрoхимическим исследованиям. М.: Гидрометеоздат, 1959. 255 с.

21. Агатова А.И., Аржанова Н.В., Владимирский С.С., Зубаревич В.Л. и др. Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство. М.: Агропромиздат, 1991. 220 с.

22. Аладин Н.В. Концепция относительности и множественности зон барьерных соленостей // Журнал общей биологии. 1988. Т. 49, № 6. С. 825–833.

23. Макрофауна бентали залива Петра Великого (Японское море): таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1978–2009 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров; под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-центр, 2014. 307 с.

24. Simpson E.H. Measurement of diversity // Nature. 1949. Vol. 163, № 4148. P. 668.

25. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

26. Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А., Пузаченко Ю.Г. и др. География и мониторинг биоразнообразия / ред. кол. Н.С. Касимов, Э.П. Романова, А.А. Тишков. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра Моск. ун-та, 2002. 432 с.

27. Denisenko S.G. Structurally-functional characteristics of the Barents Sea zoobenthos // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. 2004. Vol. 300. P. 43–52.

28. Шитиков В.К., Головатюк Л.В. АВС-метод и специфика доминирования видов в донных речных сообществах // Поволжский экологический журнал. 2013. Т. 1. С. 88–97.

29. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.

30. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

31. WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species [El. resource] // <http://marinespecies.org> at VLIZ. 2019. DOI: 10.14284/170.

32. Скарлато С.О., Телеш И.В. Развитие концепции максимального разнообразия протистов в зоне критической солёности воды // Биол. моря. 2017. Т. 43, № 1. С. 3–14.

33. Гомоюнов К.А. Гидрологический очерк Амурского залива и реки Суйфуна // Первая конференция по изучению производственных сил Д.В. 1927. С. 73–91.

34. Барабанщиков Е.И. Особенности состава итиофауны внутренней эстуарной зоны рек Раздольной, Артёмовка и Суходол во время маловодного 1997 год // Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов: тез. докл. конф. молодых учёных. Владивосток: ТИНРО-центр, 1999. С. 121–123.

35. Харин В.Е., Барабанщиков Е.И., Большаков С.Г. О находке пампа *Rampus* sp. (Stromateidae) в эстуарной зоне реки Раздольная (Амурский залив Японского моря) // Вопросы ихтиологии. 2013. Т. 53, № 2. С. 233–236.

36. Большаков С.Г. Биологическая характеристика эстуарных видов рыб реки Раздольная // Чтения памяти В.Я. Леванидова. 2014. № 6. С. 104–109.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF SALINITY AND BIOMASS OF NEKTON AND NEKTOBENTHOS IN THE ESTUARIES OF THE LARGE PLAIN RIVER RAZDOLNAYA AND THE MOUNTAIN RIVER SUKHODOL (THE SEA OF JAPAN)

© 2019

Milovankin Pavel Gennadyevich, researcher of Applied Biocenology Laboratory
Kataykina Olga Igorevna, engineer of Fisheries Oceanography Laboratory
Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
(Vladivostok, Russian Federation)

Abstract. This paper discusses the two estuaries of the large flat river Razdolnaya and the mountain river Sukhodol (the Sea of Japan). The data of hydrological surveys on these estuaries are presented and the distribution zones of waters of different salinity are shown. The graphs of changes in the biomass of some hydrobionts along the river are given. The studies have shown that water with a salinity of >5‰ penetrates the Razdolnaya River up to the main channel for 15 km. In the Sukhodol River, it happens that almost the entire estuary is occupied by salt water, and fresh water is traced in a layer of water no more than 0,5 m thick, no closer than 500 m to the mouth of the river. In the Razdolnaya River, there is a tendency for the growth of hydrobiont catches from the outer estuary to the inner one (from the sea to the river) to maximum values at a distance of 5 km from the mouth, followed by a gradual descent upstream. In the Sukhodol River, the specific biomass gradually decreases from the top of the river to a minimum of 0,4 km from the mouth with a sharp increase in the area of the mouth itself (the mouth of the lagoon and the sea coast) and the subsequent smooth decrease. The specific biomass of hydrobionts in the inner estuaries of the Razdolnaya and Sukhodol rivers was 6,7 and 4,0 g/m² respectively.

Keywords: estuary; inner estuary; outer estuary; Sea of Japan; Peter the Great Bay; Amur Bay; Razdolnaya river; Sukhodol river; salinity gradient; biomass; salinity; zones of barrier salinity; nekton; nektobenthos; Simpson index; species evenness; difference of evenness index; *Planiliza haematocheila*; *Tribolodon* spp.; *Eriocheir japonica*; throw net; bottom trawl.

* * *

УДК 504.732 + 581.553

DOI 10.24411/2309-4370-2019-14110

Статья поступила в редакцию 04.09.2019

СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ И ОХРАНА РЕДКОГО ВИДА *DICTAMNUS GYMNOSTYLIS* STEV. (RUTACEAE) В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

© 2019

Мустафина Альфия Науфалевна, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений
Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН
(г. Уфа, Российская Федерация)

Ильина Валентина Николаевна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения
Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация)

Абрамова Лариса Михайловна, доктор биологических наук,
профессор, заведующий лабораторией дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений
Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН
(г. Уфа, Российская Федерация)

Аннотация. Сохранение фиторазнообразия нашей планеты должно основываться на детальном изучении редких видов, на получении оригинальных данных о структуре и состоянии природных популяций, биологии и экологии этих растений. Цель данного исследования – выявление и сравнение региональных особенностей онтогенетической структуры и состояния ценоотических популяций редкого вида Южного Урала и Средней Волги *Dictamnus gymnostylis* Stev. (в Самарской области и Республике Башкортостан). В Республики Башкортостан в настоящее время выявлено 20 географических популяций вида. В Самарской области в разных опубликованных источниках указывается 7–12 географических популяций *D. gymnostylis*. Изучение демографической структуры, плотности ценопопуляций и особенностей местообитаний проводилось согласно традиционным методам исследования на 18-ти пробных площадях: 9 в лесостепной зоне Самарской области (Заволжье) и 9 в зоне южной лесостепи на территории Республики Башкортостан. Популяции вида зарегистрированы в различных типах сообществ: в основном в травяных и кустарниковых луговых степях, на опушках и под пологом дубрав. Численность особей в популяциях Башкортостана колеблется от 70–100 экземпляров до 2–5 тысяч и более на площади 20 га. Предположительно общая численность вида в регионе составляет от 15 до 20 тысяч экземпляров. Общая численность особей в Самарской области составляет примерно 2–3 тысячи особей на площади не более 5 га. Большинство ценопопуляций *D. gymnostylis* в регионе являются нормальными неполночленными. Типичным является отсутствие в онтогенетическом спектре прегенеративных стадий (проростков и ювенильных), а также сенильных растений. Абсолютный максимум приходится на средневозрастные генеративные особи (24,1–59,0%). Практически все ценопопуляции на территории Самарской области.