

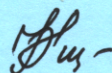
582.52:581.4(262.5)

К 43

ПРОВ 2010

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

КИРЕЕВА



ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

УДК 582.52/.59:581.4(262.5+262.54)

**АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МОРСКИХ ТРАВ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА
В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

03.00.17 – гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание научной степени
кандидата биологических наук**

Севастополь - 2008

Диссертация является рукописью

**Работа выполнена в Институте биологии южных морей
им. А.О. Ковалевского НАН Украины, г. Севастополь**

Научный руководитель: кандидат биологических наук
старший научный сотрудник
Мильчакова Наталия Афанасьевна
заведующая лабораторией фиторесурсов отдела
биотехнологий и фиторесурсов
Институт биологии южных морей
им. А.О. Ковалевского НАН Украины

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
старший научный сотрудник
Миничева Галина Григорьевна
заведующая отделом морфо-функциональной
экологии водной растительности
Одесский филиал Института биологии южных
морей НАН Украины

ологических наук
учный сотрудник
Наталья Николаевна
дробиологии НАН Украины

октябре 2008 г. в 14.00 часов
го совета Д 50.214.01
НАН Украины, адрес: 99011, г.

блиотеке Института биологии южных
астополь, просп. Нахимова, 2.

де 2008 г.

А.В. Гаевская

А.В. Гаевская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Активное освоение и усиление хозяйственной деятельности человека в прибрежной зоне Черного и Азовского морей приводят к резкому ухудшению состояния морских экосистем, ключевым компонентом которых являются морские травы. В результате дноуглубительных работ, траления и неконтролируемых рекреационных нагрузок на многих участках украинского шельфа наблюдается уменьшение численности и сокращение ареалов массовых видов морских трав (Калугина-Гутник, 1991; Milchakova, 2003). Одним из показателей состояния морских трав являются анатомо-метрические параметры их вегетативной сферы. Для Азово-Черноморского региона практически отсутствуют исследования, направленные на выявление тех признаков анатомической структуры морских трав, которые реагируют на изменение экологических факторов (Александров, 2001; Куликова, Иванова, 1972; Мильчакова, 1989). В связи с этим возникла необходимость выявить ключевые признаки для оценки качественного состояния растения в различных экологических условиях. Исходя из этого, актуальным вопросом нашего исследования стало определение функционально-значимых анатомо-метрических параметров вегетативной сферы морских трав Черного и Азовского морей, позволяющих оценить состояние растения в изменяющихся условиях среды.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в рамках научно-исследовательской тематики отдела биотехнологий и фиторесурсов Института биологии южных морей НАН Украины: «Структурно-функциональные основы биоразнообразия морских сообществ» (№ госрегистрации 0199U001388), «Разработка научных основ биотехнологии воспроизводства и использования морских ресурсов (№ госрегистрации 0101U001448), «Исследование факторов поддержания устойчивости морских экосистем» (№ госрегистрации 0103U001048), которые проведены в период с 1998 по 2007 гг. В указанных темах диссертант являлся соисполнителем.

Цель и задачи исследования. Цель работы заключалась в выявлении анатомо-метрических особенностей вегетативных органов морских трав *Zostera marina*, *Z. noltii*, *Ruppia cirrhosa* Азово-Черноморского бассейна в различных экологических условиях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить основные анатомо-метрические характеристики подземной и надземной вегетативной сферы морских трав;
- разработать методику определения объема воздухоносных полостей листа и оценить состояние лакунарной системы растения;
- изучить изменение показателей анатомической структуры вегетативных органов по глубинам произрастания;

- исследовать зависимость анатомо-метрических параметров подземной и надземной сферы исследуемых видов от гранулометрического состава донных осадков;
- выявить экологический оптимум произрастания для *Z. marina*, *Z. noltii* и *R. cirrhosa* на основании функционально-значимых анатомических параметров и показать возможность их использования для оценки качества среды обитания.

Объект исследования: массовые виды морских трав Азово-Черноморского бассейна - *Zostera marina*, *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa*.

Предмет исследования: анатомо-метрические параметры вегетативной сферы морских трав, их зависимость от экологических условий местообитания.

Методы исследования: Сбор растений осуществляли по стандартной гидробиологической методике (глубоководные пробы отобраны водолазом). Анатомо-метрические параметры исследовали методом световой микроскопии, изучение ультраструктуры клеток эпидермиса листа проводили методом трансмиссионной электронной микроскопии (Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, г. Киев). Для сравнительной оценки состояния лакунарной системы вегетативных органов морских трав разработана методика расчета объема воздухоносных полостей листа. Все исследуемые параметры обработаны вариационно-статистическим способом по методу корреляционного и факторного анализа.

Научная новизна полученных результатов. Впервые для Азово-Черноморского бассейна проведено полное исследование анатомической структуры вегетативной сферы *Zostera noltii* и *Ruppia cirrhosa*. Выявлена степень вариабельности анатомо-метрических параметров по глубинам, выполнен факторный анализ их зависимости от гранулометрического состава донных осадков. Разработана методика определения объема воздухоносных полостей листа, отличающаяся простотой и легкостью в применении. Впервые изучены особенности ультраструктуры клеток эпидермиса листа *Zostera marina*, выявлено их изменение с глубиной произрастания. Впервые в сравнительном аспекте охарактеризована анатомо-метрическая структура вегетативных органов *Z. marina* и *Z. noltii*, произрастающих в лиманах Черного и Азовского морей. Показана возможность использования важнейших анатомо-метрических параметров морских трав для выявления их экологического оптимума.

Практическое значение полученных результатов. Результаты проведенных исследований, расширяя представления об анатомической структуре морских трав как соленоводных гидатофитов, представляют интерес для экологической и функциональной анатомии растений, фитоценологии и гидробиологии. Выявленные анатомо-метрические особенности вегетативной сферы морских трав облегчают их видовую идентификацию и могут быть

использованы для оценки состояния растений морских трав Азово-Черноморского бассейна. Анализ связи анатомо-метрической структуры вегетативных органов макрофитов с экологическими факторами позволяет дать научно-обоснованные рекомендации по охране и восстановлению сообществ морских трав в прибрежной зоне украинского шельфа Черного и Азовского морей.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием и основана на материалах, собранных и обработанных автором с использованием методов световой и трансмиссионной электронной микроскопии. Проведен статистический анализ количественных данных и дана интерпретация результатов. В работах, опубликованных в соавторстве, вклад автора состоял в постановке научных задач, обсуждении методических проблем, обработке и анализе материала.

Апробация результатов диссертации. Результаты работы представлены и обсуждены на расширенном научном семинаре отдела флоры, растительности и заповедного дела Никитского ботанического сада – Национального научного центра УААН (г. Ялта, 2000 и 2007 гг.), заседании научно-технического совета Научно-исследовательского центра Вооруженных сил Украины «Государственный океанариум» (г. Севастополь, 2000 и 2004 гг.), конференциях молодых ученых «Понт-Эвксинский» (г. Севастополь, 2001, 2003 и 2007 гг.), международной конференции “Global Seagrass Workshop” (St.-Petersburg, USA, 2001 г.), годовом заседании Совета Украинского ботанического общества и ученого совета по проблемам ботаники и микологии (г. Киев, 2004 г.), 4 съезде гидроэкологического общества Украины (г. Феодосия, 2005 г.), заседании Севастопольского отделения УБО (г. Севастополь, 2007 г.), III международной конференции молодых ученых «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution» (г. Одесса, 2007 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 работ (1 в соавторстве), из них 8 статей – в специализированных журналах и сборниках, утвержденных ВАК Украины, 7 работ – в материалах и тезисах научных конференций.

Структура и объем работы. Диссертация общим объемом 211 страниц состоит из введения, 7 разделов, выводов, приложения и списка литературы, который содержит 315 источников, в том числе 174 иностранных. Работа изложена на 130 страницах, включает 37 рисунков и фотографий, 33 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. МОРСКИЕ ТРАВЫ, ИХ ОБЩАЯ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В разделе приведена таксономия и анатомо-морфологическая характеристика видов *Zostera marina*, *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa*. Представлена

эколого-биологическая характеристика морских трав, обсуждена их роль в прибрежных экосистемах. Освещены вопросы влияния абиотических факторов среды (освещенность, соленость, температура и подвижность воды, глубина, состав донных осадков) на анатомо-морфологическое строение и распределение морских трав.

КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В разделе дана краткая физико-географическая характеристика районов исследования (регион Севастополя, лиманы северо-западного Причерноморья и северного Приазовья), описаны экологические факторы, оказывающие влияние на состав, структуру и состояние растительных сообществ акваторий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сформированные вегетативные побеги *Zostera marina*, *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa* отобраны в регионе Севастополя (б. Казачья, устье реки Черная), северо-западном Причерноморье (Тилигульский и Сухой лиманы) и северном Приазовье (Молочный и Утлюкский лиманы).

Пробы отобраны методом учетных площадок (Катанская, 1981; Кокин, 1982) от верхней до нижней границы произрастания морских трав (для видов zostеры от 1 до 12 м, руппии – от 0,2 до 7 м), в период их активной вегетации (с мая по август в 1999 - 2004 гг.). Анатоометрические измерения проводили по классической методике (Березовская, Дошинская, Серых, 1978), в соответствии с которой в средней части вегетативного органа делали по 20 поперечных срезов. На них измеряли и рассчитывали 31 анатометрический параметр, полностью характеризующий анатомическую структуру. Наиболее функционально-значимыми из них являются для корня и корневища: диаметр органа, толщина слоя дермы и мезодермы, линейные размеры воздушных полостей; листа – толщина листа, эпидермиса и мезофилла, линейные размеры, количество и объем воздухоносных полостей. Всего выполнено более 51 тыс. анатометрических измерений на 5 тыс. срезах органов.

Ультроструктуру клеток эпидермиса листа *Z. marina* изучали на ультратонких срезах, измеряя толщину внешней клеточной стенки, количество и линейные размеры хлоропластов (Силаева, Силаев, 1979).

Состояние лакунарной системы растения оценивали по объему воздухоносных полостей листа, который рассчитывали по оригинальной методике (Киреева, 2001). Длину сегмента листа определяли экспериментальным путем таким образом, чтобы линейные размеры полостей на ней изменялись не более, чем на 5% ($p = 0,95$). В средней части сегмента на поперечном срезе измеряли линейные размеры полости. Поскольку у разных видов морских трав форма полостей значительно варьирует, для каждой отдельной полости была подобрана соответствующая формула определения их

объема (рис. 1). Для полостей неправильной формы подбирали такие геометрические фигуры, наложение которых на плоскость полости максимально заполняет ее площадь (рис. 1Б). После этого по соответствующим формулам объемов геометрических фигур вычисляли суммарный объем полости. Общий объем лакунарной системы определяли путем суммирования объемов всех полостей вегетативного органа макрофита.

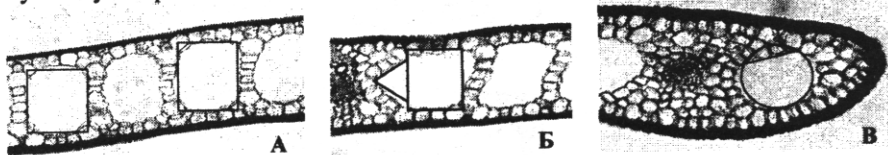


Рис. 1. Формы воздухоносных полостей листа морских трав: А – *Zostera marina*, Б – *Zostera noltii*, В – *Ruppia cirrhosa*.

При анализе изменений анатомо-метрических параметров по глубинам учитывали вертикальную зональность морского фитобентоса (Петров, 1967): 0 - 0,5 м (псевдолитораль), 0,5 - 1 м (верхняя сублиторальная зона), 2 - 6 м (средняя сублиторальная зона), 6 - 11 м (нижняя сублиторальная зона) и 11 - 15 м (элитораль).

Определение гранулометрического состава донных осадков проведено пипеточным методом по ГОСТу 12536-79 (Институт геоинженерно-технических изысканий, г. Симферополь). В структуре донных осадков выделяли 10 размерных фракций (Логвиненко, 1980): ракушка (более 10 мм, 10 - 5 мм, 5 - 2 мм), гравий (1 - 2 мм), песок (1 - 0,1 мм), крупный алеврит (0,1 - 0,05 мм), мелкий алеврит (0,05 - 0,01 мм), крупный пелит, (0,01 - 0,005 и 0,005 - 0,001 мм), мелкий пелит (менее 0,001 мм).

Для выявления связи основных анатомо-метрических параметров морских трав с глубиной произрастания и гранулометрическим составом донных осадков использовали корреляционный анализ. Полученные корреляционные матрицы, отражающие взаимосвязь между составом донных осадков и параметрами вегетативных органов, обрабатывали с помощью факторного анализа методом главных компонент (программа Statistica 6.0).

ХАРАКТЕРИСТИКА АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МОРСКИХ ТРАВ БАССЕЙНА ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

По сравнению с ранее полученными данными (Куликова, Иванова, 1972), уточнено строение вегетативных органов *Zostera marina*, а также впервые описана анатомическая структура у *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa*.

Zostera marina. К о р е н ь. Мелкоклеточная ризодерма несет расширенные к основанию корневые волоски. Под ней находятся крупные тонкостенные, округлой формы клетки мезодермы с воздухоносными полостями (рис. 2А). Центральный цилиндр, ограниченный эндодермой,

представлен слабо развитым радиальным сосудисто-волокнистым пучком, паренхимные лучи которого неясно выражены.

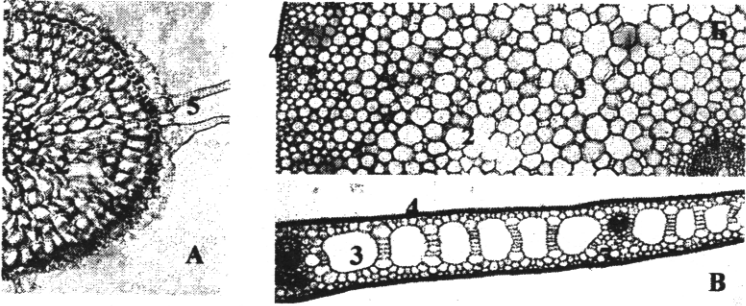


Рис. 2. Строение корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Zostera marina* (1 – центральный цилиндр, 2 – мезодерма, 3 – воздухоносные полости, 4 – покровная ткань, 5 – корневой волосок, 6 – проводящий пучок, 7 – мезофилл).

К о р н е в и щ е. Под покровной тканью, образованной мелкими клетками с утолщенными стенками, лежат многочисленные слои паренхимных клеток с большим количеством округлых воздухоносных полостей и проводящих пучков, соответствующих листовым следам (рис. 2Б). Центральный цилиндр ограничен эндодермой, состоит из расположенных в центре 6 - 8 пучков.

Л и с т характеризуется наличием однослойного эпидермиса с большим количеством хлоропластов (рис. 2В). На его поверхности располагается прерывистый слой кутикулы. Клетки недифференцированного мезофилла формируют 1 - 2 слоя под эпидермисом и перегородки между воздухоносными полостями, количество которых варьирует от 14 до 38 на сегмент листа. На протяжении всей полости находятся водонепроницаемые пластинки. Проводящие пучки закрытые, коллатеральные, в среднем по 5 на срез листа.

***Zostera noltii*. К о р е н ь.** Внешний слой покровной ткани состоит из мелких клеток, несет расширяющиеся к основанию корневые волоски (рис. 3А). Клетки мезодермы округлой формы, образуют радиальные ряды и воздухоносные полости. Центральный цилиндр, ограниченный эндодермой, представлен радиальным сосудисто-волокнистым пучком.

К о р н е в и щ е снаружи покрыто мелкими клетками покровной ткани (рис. 3Б), под которой находятся многочисленные слои паренхимных клеток с большим количеством округлых воздухоносных полостей. Центральный цилиндр состоит из 6 - 8 проводящих пучков.

Л и с т образован однослойным эпидермисом из клеток прямоугольной формы с большим количеством хлоропластов и недифференцированным мезофиллом, клетки которого округлой или вытянутой формы (рис. 3В). Средняя часть листовой пластинки содержит от 6 до 16 воздухоносных полостей, которые ограничены перегородками из 3 - 7 клеток мезофилла. В

основании перегородок расположены механические волокна. Лист имеет три закрытых, коллатеральных пучка.

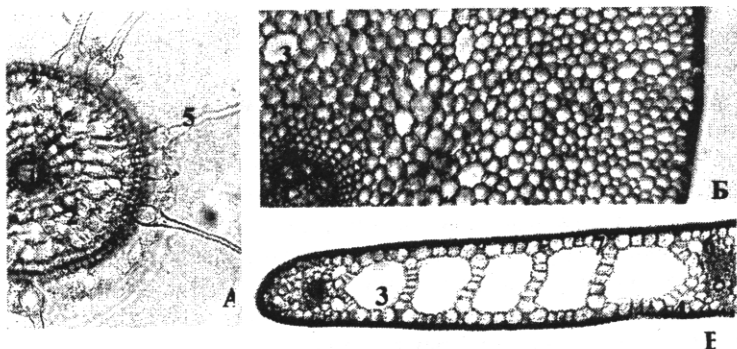


Рис. 3. Строение корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Zostera noltii* (условные обозначения см. рис. 2, стр. 6).

Ruppia cirrhosa. К о р е н ь. Внешний слой ризодермы состоит из крупных клеток с длинными корневыми волосками, под ним находится мелкоклеточный слой экзодермы (рис. 4А). Мезодерма образована крупными тонкостенными паренхимными клетками. Воздухоносные полости узкие, вытянутые в радиальном направлении. Центральный цилиндр представлен слабо развитым сосудисто-волокнистым пучком, его радиальные лучи не сформированы и состоят из тонкостенных паренхимных клеток, размеры которых значительно меньше, чем у клеток основной ткани корня.

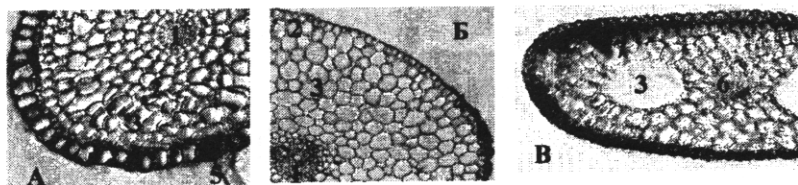


Рис. 4. Строение корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Ruppia cirrhosa* (условные обозначения см. рис. 2, стр. 6).

К о р н е в и щ е покрыто мелкоклеточной эпидермой, под которой располагаются многочисленные слои клеток мезодермы с округлыми воздухоносными полостями (рис. 4Б). В центре корневища находится слой эндодермы и центральный цилиндр, состоящий из сосудисто-волокнистых пучков и паренхимных клеток, часть из которых выпадает, образуя центральную полость. Склеренхима сосредоточена в центральной части корневища.

Л и с т. Однослойный эпидермис представлен крупными неправильной формы клетками с большим количеством хлоропластов (рис. 4В). Под эпидермисом расположены 1 – 3 слоя клеток недифференцированного

мезофилла, имеющих округлую или вытянутую форму. Проводящие пучки закрытые коллатеральные. По обе стороны от центрального пучка формируются две воздухоносные полости округлой формы.

Таким образом, размер органа определяется следующими анатомическими структурами: у корня и корневища - толщиной мезодермы, у листа - слоем мезофилла и линейными размерами воздухоносных полостей. Анализ функционально-значимых параметров листа показал наличие значительной доли аэренхимы (до 75% объема тканей). Механические ткани слабо развиты, они сосредоточены вокруг проводящих пучков органов и представлены скоплениями в мезодерме корневища. Отличительной особенностью корня двух видов зостеры является уменьшение его диаметра с возрастом, что обусловлено сдушиванием клеток эпibleмы, реже экзодермы. Перечисленные особенности структуры вегетативных органов характеризуют морские травы как типичные вторичноводные высшие цветковые растения.

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА АНАТОМО-МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОРСКИХ ТРАВ

В диапазоне глубин от псевдолиторали к элиторали происходит изменение экологических факторов (освещенности, подвижности водных масс, температуры), которые влияют на количественные параметры морфологической и анатомической структуры органов морских трав.

Zostera marina. С увеличением глубины зафиксированы значимые изменения диаметра и толщины мезодермы корня (рис. 5А).

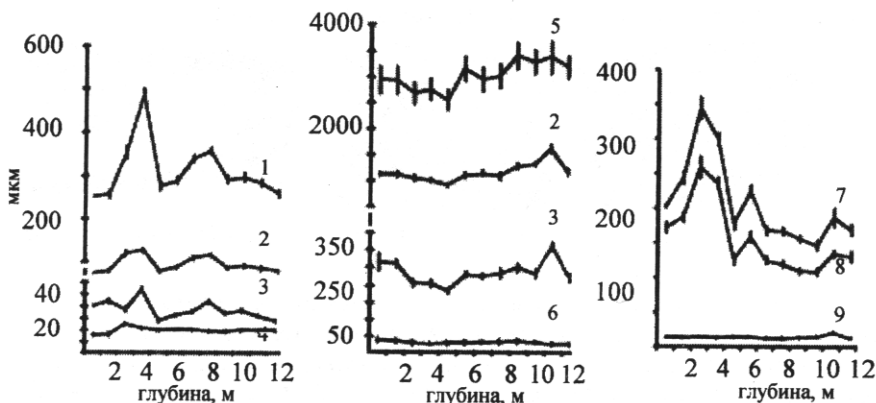


Рис. 5. Изменение основных параметров корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Zostera marina* по глубинам (б. Казачья): 1 - диаметр корня, 2 - толщина мезодермы, 3 - диаметр центрального цилиндра, 4 - толщина ризодермы, 5 - диаметр корневища, 6 - толщина дермы, 7 - толщина листа, 8 - толщина мезофилла, 9 - толщина эпидермиса.

В мелководной зоне (до 2 м) параметры корня низкие. Они возрастают в зоне средней сублиторали. В нижней сублиторали и элиторали (свыше 9 м)

наблюдается снижение анатомо-метрических признаков. Линейная корреляция параметров корня с глубиной произрастания не выявлена.

От верхней сублиторали до элиторали диаметр корневища, его центрального цилиндра и толщина мезодермы увеличиваются ($r = + 0,7$), а толщина дермы уменьшается за счет снижения линейных размеров её клеток ($r = - 0,7$) (рис. 5Б). Максимальные значения диаметра корневища и толщины его мезодермы зарегистрированы у *Z. marina* на глубине 10 - 12 м.

Толщина листовой пластинки и слоя мезофилла возрастают в диапазоне глубин 1 - 3 м, глубже (от 3 до 12 м) зафиксировано их снижение более чем вдвое ($r = - 0,7$) (рис. 5В).

Объем полостей листа увеличивается в два раза на глубине от 1 до 6 м за счет возрастания их линейных размеров (рис. 6А). К нижней границе произрастания (12 м) он уменьшается за счет сокращения количества полостей.



Рис. 6. Изменение объема воздухоносных полостей листа *Zostera marina* (А), *Zostera noltii* (Б) и *Ruppia cirrhosa* (В) по глубинам (б. Казачья).

Ультраструктура клеток эпидермиса листа *Z. marina*. Максимальная толщина клеточных оболочек зарегистрирована на глубине 2 м и нижней границе произрастания вида (табл. 1).

Таблица 1

Изменение параметров клеток эпидермиса *Zostera marina* по глубинам (б. Казачья)

Глубина, м	Толщина клеточных оболочек, мкм	C_v , %	Количество хлоропластов на поперечный срез клетки	C_v , %	Величина хлоропласта по длинной оси, мкм	C_v , %	Величина хлоропласта по короткой оси, мкм	C_v , %
2 - 6	$1,21 \pm 0,09$	33,8	$5,31 \pm 0,2$	19,4	$4,72 \pm 0,26$	25,4	$1,27 \pm 0,07$	27,1
7 - 10	$1,18 \pm 0,05$	20,8	$4,75 \pm 0,19$	18,6	$5,7 \pm 0,27$	21,4	$1,23 \pm 0,02$	8,9
11 - 12	$1,23 \pm 0,02$	9,1	$4,44 \pm 0,27$	27,8	$6,02 \pm 0,2$	14,9	$1,35 \pm 0,02$	9,8

Протопласты клеток содержат хлоропласты, количество которых с глубиной уменьшается ($r = - 0,9$), а их линейные размеры возрастают ($r = + 0,9$). В структуре хлоропласта хорошо различимы грани диаметром до 0,3 мкм, содержащие от 6 до 14 тилакоидов. Часть объема хлоропласта занята зернами

крахмала овально-удлиненной формы, их размеры варьируют от $0,32 \times 0,14$ до $0,64 \times 0,31$ мкм.

Zostera noltii. Наибольшие значения диаметра корня, толщины его ризодермы и мезодермы наблюдаются на глубине от 1 до 3 м (рис. 7А). Линейная корреляция параметров корня с глубиной не выявлена.

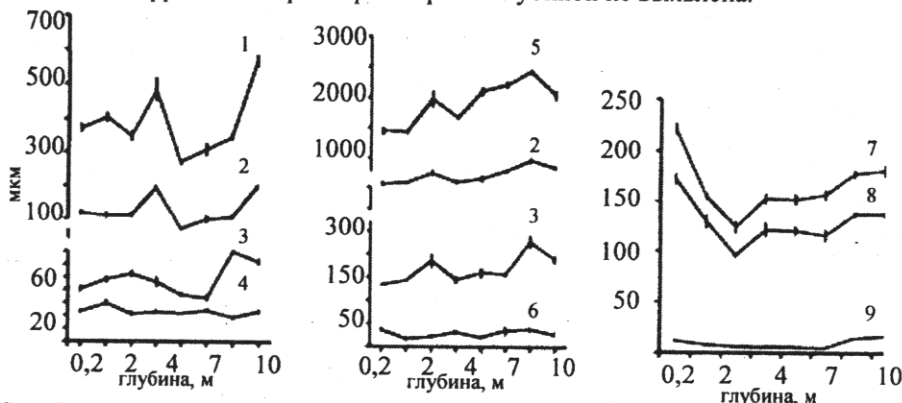


Рис. 7. Изменение основных параметров корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Zostera noltii* по глубинам в б. Казачья (условные обозначения см. рис. 5, стр. 9).

Диаметр корневища увеличивается в диапазоне глубин от 1 до 10 м за счет расширения слоя мезодермы, дермы и центрального цилиндра (r варьирует от $+0,7$ до $+0,8$) (рис. 7Б).

Толщина листовой пластинки и линейные размеры воздухоносных полостей максимальны на глубине 0,2 м. В верхней сублитеральной зоне толщина листа и мезофилла уменьшаются в 1,7 раза, тогда как к нижней границе произрастания они возрастают в полтора раза (рис. 7В). На всем диапазоне глубин определена отрицательная линейная корреляция для толщины листа, его мезофилла и длины его клеток ($r = -0,7$). Объем полостей листа увеличивается втрое на глубине от 0,2 до 7 м, а к нижней границе произрастания он снижается вдвое (рис. 6Б).

Ruppia cirrhosa. Диаметр корня уменьшается в диапазоне глубин от 0,5 до 3 м, возрастая на глубине от 3 до 7 м (рис. 8А) за счет толщины мезодермы, линейных размеров её клеток и диаметра центрального цилиндра (r изменяется от $+0,8$ до $+0,9$).

На глубинах от 0,1 до 7 м обнаружено постепенное увеличение диаметра корневища руппии за счет возрастания толщины его основных структур (рис. 8Б). Средний и высокий уровни линейной корреляции выявлены для диаметра корневища, центрального цилиндра, толщины дермы и линейных размеров её клеток (r варьирует от $+0,7$ до $+0,9$). Толщина листа *R. cirrhosa* и его мезофилла увеличивается на глубине от 0,1 до 2 м (рис. 8В). С

возрастанием глубины (от 2 до 7 м) происходит снижение данных параметров (г изменяется от - 0,6 до - 0,8).

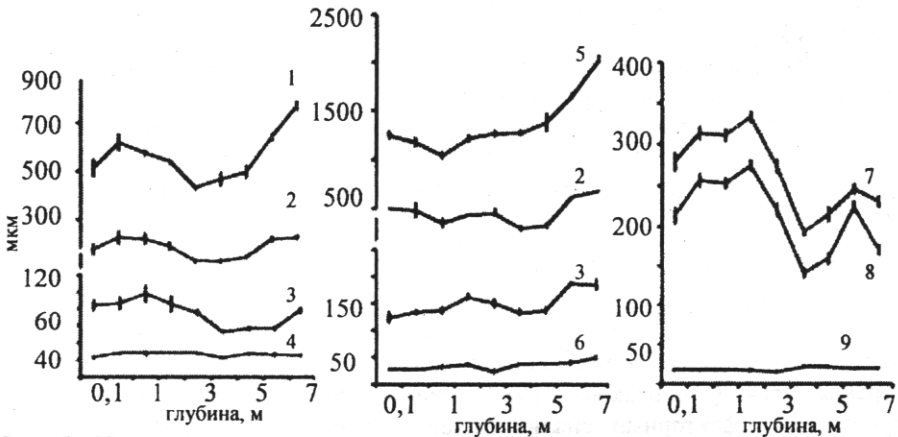


Рис. 8. Изменение основных параметров корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Ruppia cirrhosa* по глубинам в б. Казачья (условные обозначения см. рис. 5, стр. 9).

Объем и размеры воздухоносных полостей листа уменьшаются с глубиной ($г = - 0,8$), а их количество остается неизменным (рис. 6В). Поскольку данный признак не изменяется в различных условиях обитания, он, по-видимому, является постоянным и видоспецифичным.

Таким образом, общими наиболее значимыми анатомо-метрическими параметрами органов морских трав, которые изменяются с глубиной произрастания, являются диаметр корня и корневища, величина которых определяется толщиной их мезодермы, толщина листа и мезофилла, а также линейные размеры и объем воздухоносных полостей. Лакунарная система обеспечивает внутреннюю диффузию и транспорт газов, протекание процессов усвоения углерода, компенсацию давления водной толщи на органы растения и адаптацию растения к условиям среды в целом (Beer, Waisel, 1982; Dennison, 1979; Short, 1981; Sondergaard, 1979).

Максимальные величины диаметра корня и корневища, наилучшее развитие тканей и воздухоносной системы листа, определяющих жизнедеятельность и состояние вегетативных органов *Z. marina* и *Z. noltii*, зафиксированы в диапазоне глубин от 3 до 9 м, который, вероятно, является оптимальным для произрастания обоих видов зостеры. Уменьшение анатомических параметров у *Z. marina* наблюдается на глубинах свыше 9 м. Основные анатомо-метрические параметры у *Z. noltii* проявляют значительную вариабельность на верхней и нижней границах произрастания, что характеризует данный вид как более пластичный, по сравнению с *Z. marina*.

Функционально-значимые анатомо-метрические параметры корня и листа руппии достигают наибольших значений в диапазоне глубин от 0,5 до 2

м, который, по-видимому, является оптимальным для произрастания *R. cirrhosa*. Высокая вариабельность изученных параметров органов руппии позволяет ей произрастать в диапазоне глубин от 0,1 до 7 м, при этом в нижней сублиторальной зоне Черного моря *R. cirrhosa* обнаружена впервые.

Приведенные данные свидетельствуют о высоких адаптационных свойствах черноморских *Zostera marina*, *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa*, которые наиболее выражены вблизи нижней и верхней границ их произрастания, где проявляется общебиологическая закономерность: усиленное развитие тканей и органов компенсирует негативное воздействие лимитирующих факторов среды.

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ НА АНАТОМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ МОРСКИХ ТРАВ

Гранулометрический состав донных осадков оказывает существенное влияние на состояние вегетативной сферы, рост, продукционные показатели морских трав (Мильчакова, 1989; Phillips, Menez, 1988; Short, 1987). Проведенный факторный анализ выявил взаимосвязь между изученными анатомо-метрическими параметрами вегетативных органов морских трав и составом донных осадков.

Zostera marina. Параметры структуры органов zostеры и фракции донных осадков распределены по пяти факторам, которые объяснили 73,9% общей изменчивости признаков. Первый фактор (18,6%) объединил параметры ризодермы, коррелирующие с такими фракциями, как песок ($r = -0,76$), крупный алеврит ($r = -0,87$) и пелит ($r = +0,78$). Второй фактор (21,9%) определил взаимосвязь между величиной клеток мезодермы корня, его диаметром, толщиной дермы корневища с ракушей крупных размерных фракций (r варьирует от $+0,85$ до $+0,94$). Третий фактор (17,3%) связал толщину листа, его мезофилла, количество и объем полостей листа, которые отрицательно коррелируют с мелкими фракциями алеврита ($r = -0,64$). Четвертый (8,6%) и пятый (7,42%) факторы не выявили связи параметров органов zostеры с составом донных осадков.

Анализ корреляционной матрицы показал, что на толщину дермы корневища и диаметр корня zostеры наличие в грунте фракций ракушки (от 40 до 73%) влияет положительно, а присутствие крупного алеврита (от 33% и выше) — отрицательно (табл. 2). Толщина листа снижается при высокой доле в грунте фракций алеврита и пелита (от 20 до 44%), а при содержании песка (не менее 25%) она увеличивается за счет возрастания линейных размеров воздухоносных полостей листа.

Таким образом, анатомо-метрические параметры органов *Z. marina* (диаметр корня, покровная ткань корня и корневища, толщина листа и объем воздухоносных полостей) значительно варьируют с изменением состава донных осадков. Высокая доля мелких фракций грунта, таких как алеврит и

пелит, приводит к уменьшению функционально-значимых параметров вегетативной сферы растений.

Таблица 2

Корреляционная зависимость между гранулометрическим составом донных осадков и анатомо-метрическими параметрами вегетативных органов *Zostera marina*

Состав донных осадков \ Параметры органа	Ракуша > 10 мм	Ракуша 10 – 2 мм	Песок 1 - 0,1 мм	Крупный алеврит 0,1 - 0,05 мм	Мелкий алеврит 0,05 - 0,01 мм	Крупный пелит 0,01 - 0,001 мм
Диаметр корня	0,68	0,73	-0,40	-0,63	-0,14	-0,40
Ширина клеток дермы корня	-0,12	-0,17	-0,64	-0,73	0,47	0,65
Толщина дермы корневища	-0,74	-0,66	0,30	0,35	0,20	0,36
Ширина клеток дермы корневища	0,69	0,59	0,14	0,02	-0,58	-0,66
Толщина листовой пластинки	0,10	0,01	0,66	0,58	-0,66	-0,65
Объем полостей листа	0,13	0,16	0,59	0,54	-0,62	-0,36

Примечание: приведены только фракции донных осадков и анатомо-метрические параметры, проявляющие высокие и выше среднего значения коэффициента корреляции ($r \geq 0,6$)

Zostera noltii. Исследуемые параметры распределены по 5 факторам, которые объяснили 69,8% общей изменчивости признаков. Первый фактор (23,1%) объединил линейные размеры клеток ризодермы и мезодермы корневища, на которые отрицательно влияют гравий, мелкий алеврит и крупный пелит (r изменяется от - 0,72 до - 0,79), а положительно - наличие песка ($r = + 0,82$). Второй фактор (14,9%) связал признаки воздухоносной системы растения, отрицательно коррелирующие с содержанием ракуши ($r = - 0,88$) и положительно - с содержанием крупного алеврита ($r = + 0,63$). Третий фактор (14,7%) показал отрицательную связь между диаметром корня и наличием различных фракций ракуши (r варьирует от - 0,87 до - 0,92). Четвертый (9,5%) и пятый (7,7%) факторы не выявили связи параметров органов с составом донных осадков.

Анализ корреляционной матрицы показал, что высокое содержание мелкой ракуши (до 40% и выше) приводит к снижению длины воздухоносных полостей корня (табл. 3). Линейные размеры клеток мезодермы корня и корневища увеличиваются в присутствии песка, массовая доля которого составляет не менее 20 - 25%. Высокая доля мелких фракций (свыше 40%) оказывает отрицательное воздействие на длину и ширину клеток мезодермы корневища. Для листа выявлена положительная корреляция между толщиной эпидермиса и наличием в грунте 10 - 15% крупного пелита.

Установлено, что специфическими параметрами, отражающими влияние гранулометрического состава донных осадков на подземную сферу *Z. noltii*, являются линейные размеры клеток мезодермы корневища.

Положительное воздействие на параметры вегетативной сферы *Z. noltii* оказывают донные осадки, содержащие значительную долю песка.

Таблица 3

Корреляционная зависимость между гранулометрическим составом донных осадков и анатомо-метрическими параметрами вегетативных органов *Zostera noltii*

Состав донных осадков \ Параметры органа	Ракуша 5 – 2 мм	Песок 1 - 0,1 мм	Мелкий алеврит 0,05 - 0,01 мм	Крупный пелит 0,01 - 0,005 мм	Крупный пелит 0,005 – 0,001 мм
Длина клеток мезодермы корня	-0,47	0,61	-0,31	-0,34	-0,14
Длина воздушной полости корня	-0,69	0,39	-0,09	-0,22	0,30
Длина клеток мезодермы корневища	-0,29	0,72	-0,63	-0,60	-0,55
Ширина клеток мезодермы корневища	-0,29	0,68	-0,61	-0,59	-0,51
Толщина эпидермиса листа	-0,39	-0,30	0,41	0,25	0,74

Примечание: то же, что и в табл. 2.

Ruppia cirrhosa. Исследуемые параметры сгруппированы в 3 фактора, объясняющие 80,2% суммарной дисперсии. Первый фактор (42,2%) объединил линейные размеры клеток дермы и мезодермы корня, клеток мезофилла листа, которые коррелируют с содержанием ракуши, мелких фракций алеврита и пелита (r варьирует от + 0,7 до + 0,97). Во второй фактор (24,1%) основной вклад внесли такие параметры, как диаметр центрального цилиндра корня, толщина его мезодермы, а также толщина листа и его мезофилла, которые положительно связаны с содержанием песка и крупного алеврита (r изменяется от + 0,7 до + 0,8). Третий фактор (13,9%) определил связь между развитием лакунарной системы растения и наличием мелкой ракуши: зафиксирована положительная корреляция с шириной полости корня ($r = + 0,7$) и отрицательная – с длиной и объемом полостей листа ($r = - 0,7$).

Анализ корреляционной матрицы показал, что присутствие в грунте фракций крупного пелита, мелкого алеврита (около 10 - 15%) и ракуши (от 30 до 70%) оказывает отрицательное влияние на состояние мезодермы корня, линейные размеры клеток дермы корневища, толщину листа и его мезофилла, тогда как песок и крупный алеврит, процентное соотношение которых колеблется от 15 до 60%, – положительное (табл. 4). Максимальный объем воздухоносных полостей листа руппии наблюдается при высокой доли пелита (25%), минимальный – при наличии в донных осадках не менее 20% ракуши.

Таким образом, снижение параметров корня и корневища руппии происходит при высоком содержании мелких фракции алеврита и пелита (не менее 30 - 35%). По-видимому, руппия предпочитает песчаные грунты со значительной долей крупного алеврита (от 15% и выше), поскольку в таких условиях происходит увеличение значимых анатомо-метрических параметров органов.

Таблица 4

Корреляционная зависимость между гранулометрическим составом донных осадков и анатомо-метрическими параметрами вегетативных органов *Ruppia cirrhosa*

Состав донных осадков \ Параметры органа	Ракуша 5 – 2 мм	Песок 1 - 0,1 мм	Крупный алеврит 0,1 - 0,05 мм	Мелкий алеврит 0,05 - 0,01 мм	Крупный пелит 0,01 - 0,005 мм	Мелкий пелит < 0,001 мм
Толщина мезодермы корня	-0,68	0,79	0,77	-0,50	-0,48	-0,21
Диаметр центрального цилиндра корня	-0,54	0,62	0,68	-0,12	-0,24	-0,15
Длина клеток дермы корневища	-0,61	0,88	0,77	-0,76	-0,64	-0,32
Толщина листа	-0,46	0,53	0,63	0,01	-0,18	-0,21
Толщина мезофилла листа	-0,44	0,53	0,61	0,01	-0,17	-0,19
Объем полостей листа	-0,63	0,08	0,22	0,18	0,11	0,62

Примечание: то же, что и в табл. 2.

Пластичность структур вегетативных органов морских трав обеспечивает компенсацию влияния гранулометрического состава донных осадков и адаптацию растений к его изменению. Функционально-значимые параметры органов изученных видов, такие как толщина листовой пластинки, линейные размеры клеток дермы и мезодермы корневища, испытывают негативное влияние мелких фракций алеврита и пелита, из-за свойственного им недостатка кислорода. Жизнедеятельность морских трав в этих условиях поддерживается за счёт развития воздухоносной системы подземных вегетативных органов растения, так как кислород, выделяясь из воздухоносных полостей корня в грунт, образует аэробную среду вокруг корневой системы (Ottosen et al., 1999; Penhale, Wetzel, 1983).

Известно, что на обедненном азотом песчаном грунте клетки мезодермы корня и корневища имеют максимальные размеры, что способствует усилению активности транспорта веществ из донных осадков и накопительной способности мезодермы (Белявская, 2003; Rieger, Litvin, 1999). Кроме того, влажный песок является труднопроницаемым субстратом для подземных побегов морских трав, вследствие чего в структуре корней и корневищ возрастает количество склеренхимных клеток.

На основании полученных результатов, можно предположить, что происходящее заиливание донных осадков мелководных участков бухт приведет к деградации сообществ *R. cirrhosa*, поскольку воздухоносная система не обеспечит достаточного количества кислорода для существования данного вида. В то же время *Z. marina* и *Z. noltii*, количество и линейные размеры полостей у которых значительно варьируют, очевидно, будут доминировать в сообществах донной растительности в изменяющихся условиях среды.

ХАРАКТЕРИСТИКА АНАТОМО-МЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ *ZOSTERA MARINA* И *Z. NOLTII* В ЛИМАНАХ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ И ПРИАЗОВЬЯ

Два вида zostеры занимают значительные площади мелководной части лиманов на глубинах от 0,5 до 2 м. Поскольку лиманы являются переходной зоной от пресноводной к солоноводной среде, исследование анатомо-морфологического строения морских трав представляют особый интерес.

Zostera marina. Анатомо-метрические параметры вегетативных органов zostеры из Молочного лимана в 1,5 - 2 раза выше, по сравнению с растениями из Сухого лимана (рис. 9). В условиях доминирования илистых донных осадков, характерных для Сухого лимана, при высокой степени эвтрофирования зафиксированы низкие показатели анатомо-метрических параметров органов *Z. marina*, за исключением эпидермиса листа. Параметры подземной сферы в условиях морской акватории ниже, чем в лиманах. Некоторые значения параметров корня (толщина ризодермы) и надземной сферы (толщина листа и его мезофилла) у zostеры из б. Казачья и из Сухого лимана близки по своим значениям.

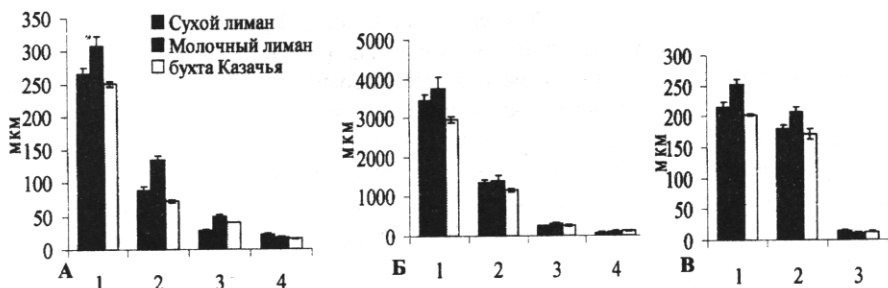


Рис. 9. Изменение основных анатомо-метрических параметров корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Zostera marina* в лиманах и б. Казачья. А: 1 — диаметр корня, 2 — толщина мезодермы, 3 — толщина ризодермы, 4 — диаметр центрального цилиндра; Б: 1 — диаметр корневища, 2 — толщина мезодермы, 3 — толщина дермы, 4 — диаметр центрального цилиндра; В: 1 — толщина листа, 2 — толщина мезофилла, 3 — толщина эпидермиса.

Zostera noltii. Установлено, что диаметр корня и корневища, их мезодерма, толщина листовой пластинки и величина слоя мезофилла у zostеры из Тилигульского лимана ниже, чем у растений из других районов (рис. 10). У растений из Молочного лимана зафиксированы более крупные параметры корня и корневища, а из Сухого лимана — листа.

При сравнении растений из лиманов и б. Казачья выявлено, что в бухте zostера обладает более крупными структурами корня, а параметры листа (толщина листа и мезофилла, объем воздухоносных полостей) близки по значениям с данными параметрами у *Z. noltii* из Молочного лимана.

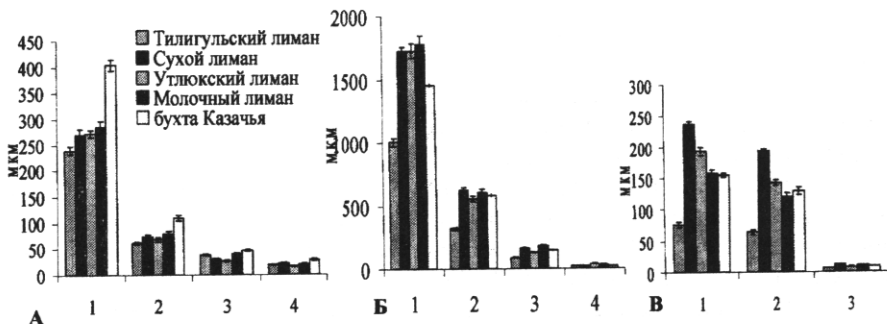


Рис. 10. Изменение основных анатомо-метрических параметров корня (А), корневища (Б) и листа (В) *Zostera noltii* в лиманах и б. Казачья (условные обозначения см. рис. 9, стр. 16).

Неравномерное развитие вегетативной сферы, характерное для *Z. marina* и *Z. noltii* из Сухого лимана, происходит под воздействием высокого уровня эвтрофирования (Синегуб, 2002), при котором обычно происходит угнетение подземной сферы растения, тогда как надземная часть хорошо развита (Cabaco et al., 2003; Isaksen, Finster, 1996). Зафиксированные особенности растений из Тилигульского лимана, возможно, объясняются специфическим гидродинамическим режимом мелководных участков лимана (Тимченко, 1990), что негативно сказывается на параметрах вегетативных органов (Fonseca et al., 1982). Наличие сходных черт у растений из разных местообитаний, вероятно, определяется высокой фенотипической пластичностью различных экотипов зостеры (Backman, 1991).

Выявлено, что изученные виды зостеры, обитающие в лиманах открытого типа (Сухой и Утлюкский), обладают сходными признаками с растениями из б. Казачья. Растения из закрытых лиманов (Тилигульский и Молочный) характеризуются специфическими анатомо-метрическими параметрами вегетативной сферы (диаметр корня и корневища, толщина их мезодермы и листа), которые обеспечивают их адаптацию к гидродинамическим и гидрохимическим условиям лиманов как буферных зон Азово-Черноморского бассейна.

ВЫВОДЫ

1. Впервые охарактеризована полная анатомо-метрическая структура вегетативной сферы массовых видов морских трав Азово-Черноморского бассейна *Zostera marina*, *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa* в различных экологических условиях. Определены ключевые функционально-значимые анатомо-метрические параметры морских трав, позволяющие оценить состояние растения в изменяющихся условиях среды.

2. Анатомо-метрические параметры корня *Zostera marina* и *Z. noltii* не зависят от глубины произрастания, тогда как у *Ruppia cirrhosa* линейные

размеры клеток ризодермы и мезодермы корня возрастают от верхней до нижней границы произрастания (от 0,1 до 7 м).

3. Выявлена общая закономерность увеличения параметров корневища изученных видов морских трав от псевдолиторали к элиторали, где они достигают своих максимальных значений.

4. Основные анатомо-метрические параметры листа исследуемых видов, являющиеся наиболее вариабельными признаками вегетативной сферы, снижаются с глубиной произрастания, что ограничивает распространение морских трав на глубинах свыше 10 - 12 м.

5. С увеличением глубины у *Zostera marina* в клетках эпидермиса листа уменьшается количество хлоропластов, а их линейные размеры возрастают. Толщина клеточных стенок максимальна на верхней и нижней границах произрастания вида, что обеспечивает выполнение защитных функций в условиях высокой освещенности и интенсивных волновых процессов.

6. Для черноморских *Z. marina* и *Z. noltii* оптимальная глубина произрастания, выявленная на основании наблюдаемых изменений значимых анатомо-метрических параметров, находится в диапазоне глубин от 3 до 9 м, для *R. cirrhosa* — от 0,5 до 2 м.

7. Состояние и степень развития воздухоносной системы листа морских трав определяются количеством и линейными размерами полостей. У *Zostera marina* и *Z. noltii* количество и объем полостей в зависимости от глубины, района произрастания и гранулометрического состава донных осадков значительно варьируют. У *Ruppia cirrhosa* количество воздухоносных полостей листа постоянно, что позволяет отнести этот признак к видоспецифичным.

8. Увеличение линейных размеров и количества воздухоносных полостей корня у *Z. marina* и *Z. noltii* происходит при доминировании мелких фракций донных осадков (от 25 до 45% пелита и мелкого алеврита). Крупные размеры клеток мезодермы корневища и большая толщина листа *Z. marina* и *R. cirrhosa*, которая определяется размерами полостей и толщиной мезофилла, зафиксированы у растений, произрастающих в грунте с высоким содержанием песка и крупного алеврита (от 20 до 60%).

9. Виды zostеры, обитающие в лиманах Приазовья и Причерноморья, характеризуются высокой вариабельностью анатомо-метрических параметров вегетативных органов (диаметр корня и корневища, толщина листа, мезофилла и объем полостей листа), что, очевидно, связано со специфическими гидродинамическими и гидрохимическими условиями лиманов.

10. Для характеристики местообитания исследованных видов морских трав в Азово-Черноморском бассейне индикационное значение имеют следующие параметры вегетативных органов: толщина мезодермы корня и корневища, толщина листа, количество и линейные размеры воздухоносных полостей,

которые проявляют высокий уровень корреляции как с гранулометрическим составом донных осадков, так и с глубиной произрастания.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Киреева Е.В. Особенности анатомического строения морских трав Черного моря в связи с глубиной произрастания / Е.В. Киреева // Экология моря. - 2001. - Вып. 56. - С. 46 - 50.
2. Киреева Е.В. Методика определения объема полостей листа и стебля высших водных и наземных растений / Е.В. Киреева // Экология моря. - 2001. - Вып. 58. - С. 84 - 86.
3. Киреева Е.В. Анатомическая характеристика некоторых видов злаков разных гигроморф / Е.В. Киреева // Ученые запис. Таврич. нац. ун-та. Сер.: Биология. - 2001. - Т. 14, № 1. - С. 93 - 96.
4. Киреева Е.В. Влияние глубины произрастания на строение листа морской травы *Zostera marina* L. / Е.В. Киреева // Экология моря. - 2002. - Вып. 60. - С. 33 - 38.
5. Киреева Е.В. Особенности анатомической структуры вегетативных органов морской травы *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande в связи глубиной произрастания / Е.В. Киреева // Экология моря. - 2003. - Вып. 64. - С. 56 - 61.
6. Киреева Е.В. Влияние гранулометрического состава донных осадков на анатомо-метрическую структуру вегетативной сферы морских трав Черного моря / Е.В. Киреева // Экология моря. - 2007. - Вып. 74. - С. 34 - 39.
7. Киреева Е.В. Структурные особенности вегетативной сферы *Zostera marina* L. и *Zostera noltii* Hornem. в лиманах северного Причерноморья и Приазовья / Е.В. Киреева // Труды ЮгНИРО. - 2008. - Т. 46. - С. 64 - 70.
8. Александров В.В., Киреева Е.В. Анатомическая и морфологическая структура листьев *Zostera marina* L. в условиях эколого-фитоценотического оптимума и у нижней границы произрастания / В.В. Александров, Е.В. Киреева // Наукові запис. Тернопіл. Держ. пед. ун-та. Сер. Біологія. - 2005. - Спец. вип.: Гідроекологія, № 4 (27). - С. 4 - 6.
9. Киреева Е.В. Анатомо-морфологические критерии гидрофильности наземных и водных растений / Е.В. Киреева // Водные биоресурсы и пути их рационального использования: материалы междунар. науч. конф. молодых ученых (Киев, 31 янв. - 1 февр. 2000 г.). - Киев, 2000. - С. 129.
10. Киреева Е.В. Определение объема воздушных полостей листа некоторых видов морских трав Черного моря / Е.В. Киреева // Тезисы докл. конф. молодых ученых (Севастополь, 16 - 18 мая 2000 г.). - Севастополь, 2000. - С. 28 - 29.
11. Киреева Е.В. Методика определения объема полостей в листе морских трав / Е.В. Киреева // Проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна: Современное состояние и прогноз: тезисы докл. конф. молодых ученых (Севастополь, 18 - 20 сент. 2001 г.). - Севастополь, 2001. - С. 84 - 86.

12. Киреева Е.В. Влияние глубины произрастания на анатомическую структуру вегетативных органов *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande / Е.В. Киреева // Тезисы докл. конф. молодых ученых по проблемам Черного и Азовского морей (Севастополь, 27 – 30 мая 2003 г.). – Севастополь, 2003. – С. 10 – 11.
13. Киреева Е.В. Особенности развития воздухоносной системы листа некоторых видов морских трав Черного моря / Е.В. Киреева // Актуальні проблеми ботаніки та екології: матеріали конф. молодих учених – ботаніків (Канів, 7 – 10 верес. 2004 г.). – Канів, 2004. – Вып. 9. – С. 163 – 165.
14. Kireeva E.V. Changes in the anatomical structure of vegetative organs *Zostera marina* and *Z. noltii* in estuaries of north – western Pridniprovia and Priazovye / E.V. Kireeva // Proceedings of the III Intern. Young scientists conf. «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution», dedicated to 100 anniversary from birth of famous ukrainian lichenologist M. Makarevych (Odessa, 15 – 18 May, 2007). – Odessa: Pechatnyi dom, 2007. – P. 249 – 250.
15. Киреева Е.В. Влияние гранулометрического состава донных осадков на анатомо-метрические параметры вегетативных органов морских трав / Е.В. Киреева // Тезисы V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем «Pontus Euxinus – 2007» (Севастополь, 24 – 27 сент. 2007 г.). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – С. 38 – 39.

АННОТАЦИИ

Киреева Е.В. Особенности анатомической структуры морских трав Азово-Черноморского бассейна в различных экологических условиях. Севастополь. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.17 – гидробиология. – Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь, 2008.

Проведено исследование анатомического строения вегетативных органов *Zostera marina*, *Z. noltii* и *Ruppia cirrhosa* в Азово-Черноморском бассейне. Выявлена изменчивость анатомо-метрических параметров органов исследуемых видов в различных экологических условиях (глубина и гранулометрический состав донных осадков). Разработана методика расчета объема воздухоносных полостей листа для определения степени развития лакунарной системы, которая обеспечивает адаптацию растения к условиям среды. На основе функционально-значимых параметров определен оптимум глубины произрастания изученных видов в Черном море: для *Z. marina* и *Z. noltii* – от 3 до 9 м, *R. cirrhosa* – от 0,5 до 2 м. Выявлены особенности анатомо-метрической структуры вегетативной сферы двух видов zostеры в условиях лиманов Причерноморья и Приазовья, а также бухты Казачья (регион г. Севастополя).

Ключевые слова: морские травы, *Zostera marina*, *Zostera noltii*, *Ruppia cirrhosa*, анатомо-метрические параметры, вегетативные органы, Черное море, Азовское море.

Кириєва О.В. Анатомічна структура морських трав Азово-Чорноморського басейну в різних екологічних умовах. Севастополь. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.17 – гідробіологія. – Інститут біології південних морів НАН України, Севастополь, 2008.

Проведено дослідження анатомічного складу вегетативних органів *Zostera marina*, *Zostera noltii* й *Ruppia cirrhosa* в Азово-Чорноморському басейні. Виявлено мінливість анатомо-метричних параметрів органів досліджених видів в різних екологічних умовах (глибина і гранулометричний склад донних осадків). Розроблено методику визначення об'єму повітроносних порожнин листа для оцінки ступеня розвитку лакунарної системи, яка забезпечує адаптацію рослини до умов середовища. На основі функціонально-значущих параметрів визначено оптимум глибини зростання вивчених видів у Чорному морі: для *Zostera marina* і *Zostera noltii* – від 3 до 9 м, *Ruppia cirrhosa* – від 0,5 до 2 м. Виявлені особливості анатомо-метричної структури вегетативної сфери двох видів зостер в умовах лиманів Причорномор'я й Приазов'я, а також бухти Козачої (Севастопольське узмор'я).

Ключові слова: морські трави, *Zostera marina*, *Zostera noltii*, *Ruppia cirrhosa*, анатомо-метричні параметри, вегетативні органи, Чорне море, Азовське море.

Kireeva E.V. The anatomic structure of seagrass of the Azov-Black Sea basin in different ecological conditions. – Sevastopol. – Manuscript.

The dissertation work to obtain a degree of candidate of Biological Sciences on speciality 03.00.17 – hydrobiology. – Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, 2008.

The anatomic structure of *Zostera noltii*, *Ruppia cirrhosa* vegetative organs has been researched for the first time for the Black sea, the anatomic structure of *Zostera marina* has been defined more exactly. The anatomic characteristics variability of the three seagrass species has been revealed in different ecological conditions (depth, granulometric structure of bottom sediments) for the Azov-Black Sea basin. The depth optimum of growth of the studied species for the Black Sea has been defined on the basis of anatomic characteristics. The comparative analysis of the vegetative sphere anatomic structure has been given for two species of eelgrass in conditions of Prichernomor'ye and Priazov'ye estuaries and the Kazachya Bay (Sevastopol) as well.

Key word: saegrass, *Zostera marina*, *Zostera noltii*, *Ruppia cirrhosa*, anatomic parameters, vegetative organs, the Black sea, Azov sea.

Подписано в печать 08.08.2008.
Печать офсетная. Формат 60х84¹/₁₆
Тираж 100. Заказ №38

Отпечатано НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика"
99011 г. Севастополь, ул. Ленина, 28
Свидетельство о государственной регистрации
серия ДК №914 от 16.02.2002