

Зачастую даже среди биологов (не говоря уже о специалистах смежных научных областей), нет четкого понимания что, собственно, является предметом изучения экологии как науки. Поэтому, в первую очередь, необходимо определить это понятие.

Впервые данный термин был предложен в 1866 г. немецким биологом–материалистом Э. Геккелем. Он считал экологию наукой об отношении живых организмов с окружающей средой (в переводе с греческого: *oikos* – дом, *logos* – учение). Поэтому, согласно классическому определению, экология – это наука о среде обитания.

До начала 1970-х гг., экологию рассматривали, главным образом, как одно из подразделений биологии. Так, например, один из крупнейших теоретиков экологии XX века Р. Магалев в 1968 г. дает такое определение этой науки: «**Экология** – это изучение систем на уровне, на котором отдельные индивидуальные организмы могут рассматриваться как элементы взаимодействия, как между собой, так и со свободно организованной экологической матрицей "окружающая среда". Системы на этом уровне называются экосистемами, а экология – это биология экосистем» (цит. по: Margalef, 1968).

Во второй половине XX и в начале XXI века, в процессе увеличения населения планеты, роста влияния человечества на природные процессы, возрастающего общественного интереса к проблемам охраны окружающей среды, произошла глубокая трансформация академической экологии. Наряду с классическим «биологическим» ее определением, среди ученых появилась также и ориентация на выделение экологии из комплекса биологических наук и обособление в естественно-научную дисциплину, задачей которой является исследование не только природных явлений, но и взаимоотношений природы и общества, биосферы и техносферы и т.п. В экологии появились новые концепции и понятия, например, «экология человека», «соцэкология»; «глобальная экология», «экологизация технологий», «антропоцен», «ноосфера» и др.

В то же время, закрепилось понятие «экология» и в общественном сознании, и в современном обществе оно связывается, почти исключительно, с представлением об уровне техногенного загрязнения окружающей среды, а также как о науке, занимающейся изучением антропогенного воздействия на окружающую среду и разработкой методов уменьшения такого воздействия (т.е. с *созологией* или *прикладной экологией*). Вот, типичные примеры терминологического «арсенала» таких представлений: «экологический кризис», «экологическая катастрофа», «экологические проблемы»; «экологический ущерб»; «экологически чистый»; и т.п.

Таким образом, современная экология уже далеко вышла из своих «биологических» рамок, и сейчас оформилась в принципиально новую интегрированную дисциплину, связывающую физические и биологические явления на стыке между естественными и общественными науками.

Понятие «эстуарий» широко распространено в научной литературе, начиная с середины XX в., и сейчас его активно применяют гидрологи, геоморфологи, биологи, экологи и другие специалисты как у нас в стране, так и за рубежом. Вместе с тем до сих пор не существует общепринятого взгляда на эти природные объекты. Поэтому следует дать общее определение этому термину, а также уточнить его понимание с точки зрения наших научных представлений.

В настоящее время в мировой литературе насчитывается несколько десятков дефиниций понятия «эстуарий». Впрочем, большинство таких дефиниций чаще всего основаны на том научном подходе, который используют специалисты различных областей знаний, исходя из задач собственных исследований (физика, химия, география, биология и т.п.). В российской работе (Михайлов, Горин, 2012) было показано, что учение о районах активного взаимодействия речных и морских вод начало развиваться в мировой гидрологической науке с середины XX века. Впоследствии за рубежом это учение оформилось в концепцию «эстуария», а в России – в концепцию «устьевой области реки». В целом, эти подходы дополняют друг друга, но в некоторых частных случаях между ними существуют противоречия.

В указанной статье, на основе известной дефиниции Д. Притчарда (Pritchard, 1967), были предложены новые определения эстуария и устьевой области реки, а также новые гидролого–морфологические схемы районирования этих водных объектов, которые бы учитывали

концепцию эстуария и эстуарных процессов, широко распространенные в зарубежной научной среде, и отечественное учение об устьевых областях рек и устьевых процессах.

Согласно этому определению: *Эстуарий* – это полузамкнутая система водотоков и водоемов в пределах устьевой области реки, которая хотя бы периодически сообщается с открытым морем и внутри которой в результате смешения пресных и солоноватых (или соленых) водных масс (*зона смешения, ЗС*) не менее одного сезона в году существует барьерная зона («эстуарный барьер») с изменением солености воды от 1 до 8‰.

Из представленного определения ясно, что эстуарий – это природная система, в которой очень сильно влияние извне, прежде всего, со стороны реки и моря (см. рис. 1.1). Поэтому для того, чтобы понимать процессы, происходящие в эстуарии, необходимо хорошо представлять себе «жизнь» сопряженных с ним участков реки и моря. Эта мысль лежит в основе концепции устьевой области реки и устьевых процессов, разработанной в нашей стране (Михайлов, 1998), и ее суть выражается в следующем.

Устьевая область реки (сокращенно УОР, синоним – устье реки) – это особый географический объект, охватывающий район впадения реки в приемный водоем (океан, море, озеро), сформировавшийся, существующий и развивающийся благодаря устьевым процессам: динамическому взаимодействию, смешению и внутримассовой трансформации водных масс реки и приемного водоема, отложению и переотложению речных и морских (озерных) наносов. Устьевая область реки может включать в себя до четырех частей: устьевой участок реки (нижний отрезок реки, подверженный воздействию приливов и/или нагонов), эстуарий, дельту, а также устьевую зону приемного водоема (часть приемного водоема, в пределах которой существенно влияние речного стока) (рис. 1.2). УОР характеризуется специфичностью морфологического строения, гидрологического режима, и, как следствие, состава и структуры населяющих ее сообществ живых организмов. УОР представляет собой гидрологический, морфологический, седиментологический, геохимический и биологический барьер между рекой и приемным водоемом.

Таким образом, с точки зрения физической географии, эстуарии и устьевые области рек — это очень сложные и динамичные природные объекты, которые находятся под воздействием целого комплекса разнообразных факторов как природного, так и антропогенного происхождения. Они представляют собой открытые системы, а их функционирование определяется как внутренними специфическими устьевыми процессами, так и условиями на внешних границах («входах») системы: речными факторами на верхней (речной) границе эстуария (прежде всего стоком воды, наносов, растворенных веществ, тепла) и морскими факторами на нижней (морской) его границе (уровнем моря, течениями, волнением, соленостью воды и др.). Через эти границы на эстуарии передаются все естественные и антропогенные изменения в речном бассейне или в прибрежной зоне.

Функционирование устьевых областей рек и эстуариев, как и любых других экосистем в большинстве случаев включает взаимодействие трех основных экосистемных элементов: абиотического, биотического и антропогенного.

Очевидность абиотических условий эстуариев отражает тот факт, что эти водные объекты в значительной степени являются экосистемами, в которых доминируют физические свойства. Поэтому, для того чтобы понимать функционирование эстуариев как среды обитания водных животных (в том числе рыб), экологу необходимо, прежде всего, хорошо знать их физико–географические и гидролого–морфологические свойства, что является неотъемлемой частью для понимания биотических процессов.

Чем же интересны эстуарии для экологов, и почему они привлекли к себе такое пристальное внимание? Можно привести лишь несколько ключевых примеров.

Изначально эстуарии рассматривались как переходные зоны между пресноводными и морскими экосистемами, но вместе с тем отмечалось, что многие из важнейших их физических и биологических характеристик имеют уникальные свойства.

Например, сейчас считается, что биологическая продуктивность эстуарных экосистем – одна из самых высоких среди всех природных. Чистая первичная продукция эстуариев, в среднем, сопоставима с продуктивностью коралловых рифов, водорослевых зарослей или влажных тропических лесов, а также примерно в 4 раза выше средней первичной продукции пресноводных экосистем, зон шельфа и апвеллинга в океане, и более чем в 10 раз выше продуктивности открытого океана.

Если в морских и океанических экосистемах основными первичными продуцентами являются планктонные микроводоросли, то в эстуариях почти всегда присутствует несколько различных типов первичных продуцентов, включая: фитопланктон, погруженные морские травы, бентосные водоросли, солончаковые растения, мангровые заросли, и др.

Также было установлено, что высокая продуктивность эстуарных экосистем во многом обусловлена их уникальными физико–химическими свойствами. По скорости осадконакопления эстуарии, в среднем, в 1000–10000 раз превышают таковую в океане. Для поступающего со стоком вод суши взвешенного и влекомого материала (в том числе природной органики) зона смешения пресной и морской воды представляет непреодолимый физический и геохимический барьер, или, так называемый, «*маргинальный фильтр*». В этой зоне происходят значительные по масштабу процессы флокуляции и коагуляции растворенных (коллоидных) и взвешенных веществ, которые дополняются биоассимиляцией и биофильтрацией. Поэтому устьевые области (или области маргинальных фильтров), занимающие менее 10% поверхности океана и менее 0.5% по объему, забирают более 90% осадочного вещества, металлов, солей и органики поступающих с суши.

Несмотря на обильное поступление терригенного материала и химической седиментации, эстуарии обладают механизмами компенсации избыточного осадконакопления, поэтому им удается поддерживать собственную стабильность. Все эти условия определяют благоприятную среду для существования и развития разнообразных аэробных и анаэробных микроорганизмов, участвующих в формировании исключительной первичной продукции эстуарных экосистем, на которую приходится более 30% продукции океана.

Крайне интересны и сами по себе биологические сообщества эстуариев. Именно биологи первыми обратили внимание (на основе анализа фаунистического состава) на то обстоятельство, что по мере разбавления в водоеме пресной воды морской некоторые характеристики экосистемы меняются нелинейно. Так, А. Ренаме на основании данных по бентосным беспозвоночным Балтийского моря выяснил, что основная масса пресноводных животных не встречается при солености выше 5–8‰, тогда как морские виды не проникают, как правило, ниже этих соленостей («Закон минимума видов Ренаме», «Правило Ренаме» или «диаграмма Ренаме»). Впоследствии «диаграмма Ренаме» была принята в качестве одной из основных «парадигм» эстуарной экологии, и включена во многие монографии и справочные пособия по экологии эстуариев.

Позже В.В. Хлебовичем было показано, что этот узкий соленостный диапазон («солевой барьер») является фаунистической границей в тех водоемах, где происходит смешение пресных и морских вод, а также оказывается граничным для самых различных физиологических процессов, включая клеточные и биохимические реакции. Это представление о барьере «критической солености», послужило основанием О. Кинне для выделения в водоемах с градиентом соленостей особой *хорогалинной* зоны (или *хорогалиникума*), с уникальным и в высшей степени адаптированным сообществом солоатоводных гидробионтов, которая разделяет два главных типа водной фауны – пресноводную и морскую (*хорео*, греч. – разделяю). Он же предложил считать хорогалинную зону «ядром» эстуария, что должно было быть включено в определение этой экосистемы. Исходя из этой концепции, хорогалиникум представляет собой *эктон*, т.е. зону относительно резких изменений окружающей среды, которая создает узкий экологический континуум между двумя различными и относительно однородными типами сообществ. Экотоны высокодинамичны и, как правило, нестабильны, в результате чего образуется экологически стохастическая зона напряжения (*tonus* = напряженность, вызывающий напряжение).

Дальнейшее развитие теории Хлебовича–Кинне, а также новые данные, полученные в последние десятилетия в различных регионах мира, показали, что «правило Ренане» не может быть распространено на все эстуарии и все компоненты биоты (например, планктон, макрофиты, и рыб). Среди экологов начались дебаты относительно того, как правильно следует рассматривать биологические сообщества эстуариев: как «эктоны», либо как «экоклины». В частности, М. Атрилл и С. Рандл, на основании исследований бентосных сообществ эстуария р. Темза, предложили перейти от определения эстуариев как экотон, и рассматривать их как модель с двумя *экоклинами* (или *экоклиналь*). Эта концептуальная модель характеризует экоклиналь как градиентную зону, содержащую относительно разнородные сообщества, которые более экологически устойчивы, чем экотон. В целом, экоклиналь представляет собой динамическую границу (как пространственную, так и экологическую) между двумя экосистемами и является ответом на постепенные изменения, по крайней мере, одного из основных экологических факторов (например, солености или температуры). Эстуарий р. Темза очень близко подошел к модели экоклинали, с динамическим изменением экологического континуума вдоль градиента солености от пресной воды до морской. Он имел два перекрывающихся между собой градиента, вызванных основным стрессовым фактором (соленость/речной сток): по направлению от реки к средней части эстуария (для пресноводных видов), и от моря к средней части эстуария (для морских видов). В модели с двумя экоклинами, в зоне смешения пресной и соленой морской воды встречаются пресноводные или морские виды, находящиеся на границах своего ареала, а не собственно эстуарные организмы (Attrill, Rundle, 2002). Это побудило авторов пересмотреть «диаграмму Ренане», удалив оттуда собственно эстуарные виды, аргументируя это тем, что настоящих эстуарных/солонатоводных видов в эстуарии может и не существовать. С тех пор некоторые исследователи начали рассматривать эстуарии как экоклины, и распространять эту концепцию также на другие биологические компоненты эстуариев, в том числе рыб.

Параллельно с моделями экотон и экоклинов, среди эстуарных экологов получила также развитие и концепция относительности и множественности зон барьерных соленостей (Аладин, 1988). Множественный характер барьеров говорит о разграничении ими отдельных водных масс со специфическими физико–химическими свойствами. В пределах водной массы происходит количественное изменение параметров, например, солености, подготавливающее качественный скачок в пределах барьера (Андреева, Андреев, 1990, 2003).

Схожие теоретические положения легли в основу новой концептуальной модели изменения биологического разнообразия вдоль градиента солености, которая впервые была представлена в работе (Whitfield et al., 2012). Эта концепция разработана на основании критического анализа всех имеющихся в настоящее время представлений об изменениях биологического разнообразия в эстуариях, а также на очень большом фактическом материале, полученном в водоемах с различной соленостью на разных континентах, в разных биогеографических районах, и по многим компонентам фауны (планктон, макрофиты и водоросли, зообентос, рыбы, насекомые, и т.п.). Основная ее суть заключается в следующем. В пределах градиента солености можно выделить не одну хорогалинную зону (исходя из «Правил Ренане»), а несколько зон, которые в соответствии с Венецианской системой классификации соленостей (The Venice system..., 1959), могут быть дифференцированы как: *лимническая* (пресная вода, соленость: $<\pm 0.5\%$), *олигогалинная* (смешанная вода, $\pm 0.5\text{--}\pm 5\%$), *мезогалинная* (смешанная вода, $\pm 5\text{--}\pm 18\%$), *полигалинная* (смешанная вода, $\pm 18\text{--}\pm 30\%$), *эугалинная* (морская вода, $\pm 30\text{--}\pm 40\%$) и *гипергалинная* (гиперсоленая вода, $>\pm 40\%$). Каждую водную массу населяют специфические флора и фауна в соответствии с осморегуляторными возможностями составляющих их видов (Bulger et al., 1993; Attrill, Rundle, 2002; Greenwood, 2007). Поскольку в эстуариях речные условия сложно переплетаются с морскими, состав биологических сообществ отличается крайним экологическим разнообразием (Smith et al., 2008; Elliott, Whitfield, 2011; Whitfield et al., 2012). Так, пресноводные виды обычно распространены в лимнической зоне, но некоторые из них могут выдерживать относительное осолонение до 3–5% (олигогалинная зона). Солонатоводные виды, к которым относятся большинство живых организмов, сходных с

морскими, предпочитают зону смешения водных масс с соленостью от 2–5‰ до 16–18‰ (мезогалинная зона). Морские эвригалинные виды, которые во многих приливных эстуариях составляют большинство организмов, распространены в полигалинной зоне. При этом, многие из них исчезают при солености меньше 16–18‰, но некоторые переносят соленость <5‰. Стеногалинные морские организмы, встречающиеся в основном в эугалинной зоне при соленостях не ниже 25–30‰ (Наумов, Оленев, 1981; Кафанов, Печенева, 2002; Столяров, 2011; Лабай и др., 2014; Green, 1968; McLusky, 1981; Sconfiatti, Marino, 1989; и др.). Таким образом, для большинства истинно пресноводных и морских видов, зона с резкими градиентами солености («эстуарный барьер») является временным местом обитания, или они попадают туда случайно – например, в результате выноса из рек стоковыми течениями, или поступления из моря с приливами. В тоже время, некоторые истинно солоноватоводные виды могут постоянно обитать в пределах этой зоны. Общее количество таких видов обычно достигает максимума при солености воды в пределах 5–8‰, в то время как видовое богатство организмов пресноводного или морского происхождения в этом диапазоне солености, наоборот, стремится к минимуму (Хлебович, 1974; 1986; Экосистема..., 2008; Telesh, Khlebovich, 2010; Elliott, McLusky, 2002; Whitfield et al., 2012). Поэтому, именно солоноватоводные эвригалинные виды живых организмов и следует считать основой собственно эстуарного сообщества гидробионтов (Хлебович, 1974; 1986). В настоящее время считается, что такая концепция в наибольшей степени, нежели любые другие, отражает закономерности формирования биологического разнообразия эстуариев вдоль градиента солености, и может быть использована для эстуариев во всем мире (Wolanski, Elliott, 2016; Whitfield, 2019; Fishes..., 2022).

Выше коротко были рассмотрены некоторые средообразующие факторы и биологические особенности эстуарных экосистем, теперь следует кратко остановиться на социальном значении эстуариев. Общеизвестно, что эстуарии (и устьевые области рек в целом) всегда имели важнейшее значение для человеческого общества (Одум, 1975; 1985; Сафьянов, 1987; McLusky, Elliott, 2004; Day et al., 2013). На протяжении всего голоцена люди селились у побережья и всегда интенсивно использовали богатые природные ресурсы устьев рек, эстуариев и прибрежных районов. Сейчас такие районы являются значимыми источниками продовольствия, а реки обеспечивают важные маршруты судоходства. В устьевых долинах многих рек расположены богатые сельскохозяйственные угодья, а в эстуариях – морские порты. Достаточно сказать, что многие крупнейшие городские агломерации мира, в том числе столицы государств, расположены непосредственно в устьях крупных рек, вблизи речных дельт и эстуариев, или на морском побережье (Токио, Нью-Йорк, Шанхай, Стамбул, Мумбаи, Лондон, Александрия, Риоде-Жанейро, Калькутта, Амстердам, Санкт-Петербург, и мн. др.).

С самого начала деятельность человека приводила к изменению естественного состояния эстуариев. Так, в доиндустриальную эпоху это было осушение большей части дельты р. Рейн голландцами, а также снижение речного стока, поступающего в Венецианскую лагуну в XII–XVI вв.; трансформация устья р. Нева во время строительства г. Санкт-Петербурга в начале XVIII в., и нек. др. (Экосистема..., 2008; McLusky, Elliott, 2004; Day et al., 2013).

Однако самые радикальные изменения устьевых районов начали происходить в XX в., когда численность населения в прибрежной зоне резко возросла (UNWOA..., 2017). Человеческая деятельность физически изменила прибрежные экосистемы путем осушения и засыпки территорий, строительства дамб, плотин и других сооружений, а также в результате выемки каналов для судоходства, дренирования и доступа к полезным ископаемым (например, нефти), или добычи других природных ресурсов (вода, грунт, минеральное сырье, и т.п.) (рис. 1.8) (Экосистема..., 2008; Odum et al., 1974; Costanza, 1994; McLusky, Elliott, 2004).

Промышленный, сельскохозяйственный и городской рост привнес в эстуарии большое количество разнообразных техногенных загрязняющих веществ (тяжелые металлы, пестициды, поверхностно-активные вещества, нефтяные углеводороды, синтетические материалы, например, пластик, и т.п.), которые способны оказывать негативное воздействие на живые организмы (Olsen, Burgess, 1967; Gerlach, 1981; Wolanski, Elliott, 2016). Интенсивное земледелие

в долинах рек, сброс городских бытовых отходов и продуктов рыбопереработки обеспечили поступление в водоемы разнообразных биогенных веществ и органических соединений, которые приводили к эвтрофикации (Состояние..., 2005; Neilson, Cronin, 1981). Чрезмерный промысел различных водных биоресурсов (водоросли, беспозвоночные, рыбы, водоплавающие птицы и морские млекопитающие, и др.), а также интродукция или акклиматизация новых чужеродных видов (см. рис. 1.8), привели к изменению биологических сообществ эстуариев и прибрежной зоны морей (Матишов и др., 2006; McLusky, Elliott, 2004; Kennish, 2005; Orth et al., 2006; Withers, Nipper, 2007; Fanning et al., 2011; Yáñez-Arancibia, Day, 2012; Wolanski, Elliott, 2016; Wolanski et al., 2019; и мн. др.).

Поскольку эффект различных видов антропогенного воздействия на экосистемы устьевых областей рек может постепенно нарастать и быть синергетическим, Ю. Одум охарактеризовал такие последствия человеческой деятельности как: «коварное изменение окружающей среды эстуариев» (цит. по Odum, 1970). При этом, существует высокая вероятность, что в ближайшем будущем все возрастающее давление со стороны экономического развития в прибрежных районах может достигнуть своего предела, в результате чего произойдет драматический кризис экологической устойчивости (Day et al., 2013).

Понимая эту проблему, в последние десятилетия ведущие мировые специалисты, изучающие экологию эстуарных и прибрежных экосистем, все чаще высказывают мнение о необходимости разработки и внедрения комплексного экосистемного подхода к изучению и управлению прибрежными районами (Телеш и др., 2009; Harwell et al., 1996; 1999; Twilley et al., 1998; Mitsch et al., 2001; Gentile et al., al., 2001; Reyes et al., 2004; Ko, Day, 2004; Day et al., 2005; 2013; Yáñez-Arancibia et al., 2011; и др.). За рубежом концепция такого подхода получила специальное название «Комплексное Управление Прибрежной Зоной» («Integrated Coastal Zone Management», ICZM) (Thia-Eng, 1993; Crooks, Turner, 1999; Krishnamurthy et al., 2008; Frank, 2018; и др.). Согласно этой концепции, ICZM представляет собой междисциплинарный, многофункциональный и динамический процесс, посредством которого решения об использовании, развитии и защите прибрежных территорий и их природных ресурсов, должны быть основаны на балансе между хозяйственной деятельностью, климатом и ландшафтом с возможностью регулирования стратегии природопользования в отдельных районах. Проект на базе ICZM должен иметь научную основу и быть направлен на решение различных экологических проблем, а также на оценку экологических рисков и принятие адаптивных управленческих решений и конкретных социальных действий по сохранению или восстановлению окружающей среды (Christensen et al., 1996; Yáñez-Arancibia, 1999; 2004; 2012; Boesch, 2006; Batker et al., 2010; Hinrichsen, 2011; Glaeser..., 2019; и др.).

Перспектива устойчивого развития и экономической выгоды в концепции ICZM, рассматриваются как функция экологической целостности, в том числе, в результате поддержания хорошего качества среды обитания, качества воды, биоразнообразия, естественного воспроизводства диких популяций, и т.п. Таким образом, обеспечение стабильного состояния экосистем и экологических функций, должны быть неотъемлемой частью любой модели управления с целью интеграции здоровой экологии со здоровой экономикой (рис. 1.9). Этот процесс должен объединять множество структурных компонентов этой системы и вариантов их использования, и координироваться на всех уровнях государственной власти при содействии научных и неправительственных организаций и сообществ, и осуществляться в рамках специальных программ по защите, сохранению и устойчивому развитию прибрежных территорий (Costanza et al., 1997; Yáñez-Arancibia et al., 2009; 2011). Поскольку экологическая устойчивость и стабильность экономического развития прибрежной зоны тесно связаны с экономической ценностью природных экосистем и ресурсов (стоимость которых, может быть огромной) – это обстоятельство является ключом к принятию правильных управленческих решений (Yáñez-Arancibia, Day, 2012; Day et al., 2005; 2013).

Следует отметить, что реализация проектов на базе концепции ICZM уже была начата во многих регионах и государствах мира (Billé, 2008; Krishnamurthy et al., 2008; Moksness et al., 2013; Kosyan, Velikova, 2016; Frank, 2018; Coastal..., 2019; и др.). Основная цель таких проектов –

устойчивое управление и защита природных территорий для обеспечения баланса между экологическими, социальными и экономическими факторами и поддержания целостности функционирования и сохранения биологического разнообразия прибрежных экосистем, в особенности в условиях глобальных климатических изменений и растущего дефицита энергоресурсов (Wolanski et al., 2019). Вместе с тем, реализация проектов ICZM во многих странах уже показала, что многие из них могут оказаться неудачными, т.к. они обычно касаются только местных, прибрежных районов, и не учитывают вклад речных водосборных бассейнов в качестве фундаментальной единицы планирования (Day et al., 2013; Wolanski et al., 2006).

С учетом этого, организацией ЮНЕСКО был предложен новый подход, основанный на экогидрологическом концептуальном подходе который представляет собой междисциплинарную научную область, изучающую взаимодействие между водой и экологическими системами (Chícharo L., Chícharo M.A., 2006; Wolanski, Elliott, 2016; Zalewsk, Bednarek, 2018). Данный подход предполагает, что поддержание и устойчивое развитие водных экосистем возможно только в том случае, если эволюционно установившиеся процессы циркуляции воды, питательных веществ и энергетических потоков в водных объектах будут регулироваться и поддерживаться в общекосмическом масштабе.

Подводя итог короткого обзора по экологии эстуарных экосистем, можно отметить следующее. Эстуарии – это, своего рода, уникальные природные лаборатории, в которых происходят непрерывные гидролого–морфологические, геохимические, биологические и антропоэкологические взаимодействия и превращения. Эти водные объекты являются районами наибольшей биологической продуктивности и играют исключительную роль в глобальных процессах трансформации вещества и энергии в водных экосистемах. Для населения прибрежных районов эстуарии – это важные районы рыболовства и аквакультуры, а также удобные места для размещения береговой инфраструктуры. Благодаря таким свойствам, эстуарии представляют огромный интерес для специалистов различных отраслей науки, как прекрасные объекты для комплексного изучения механизмов влияния разнообразных экологических факторов на функционирование водных экосистем.