



РОЛЬ ПОРТОВ И СУДОХОДСТВА В ТРАНСФОРМАЦИИ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Виноградов А.К. – д.б.н., с.н.с., вед.н.с.

ГУ «Институт морской биологии Национальной академии наук Украины»

Богатова Ю.И. – к.г.н., с.н.с., вед.н.с.

ГУ «Институт морской биологии Национальной академии наук Украины», bogatovayu@gmail.com

Синегуб И.А. – с.н.с.

ГУ «Институт морской биологии Национальной академии наук Украины»

Все морские порты (МП) представляют собой специфические экосистемы, совмещающие в себе в различных сочетаниях естественные и искусственные компоненты. В них выделяются более или менее автономные подсистемы: пелагиали, перифитали, бентали. Пелагиаль объединяет подсистемы в единую экосистему того или иного порта. Несмотря на индивидуальные отличия МП, они строятся и функционируют в условиях ослабленных гидродинамики и водообмена. Благодаря искусственному увеличению глубин в МП возникает возможность для вертикальной стратификации водных масс и формирования устойчивого пикноклина.

Введение в экосистемы МП большого количества стационарного (гидротехнические сооружения) и временного, подвижного (корпуса судов, разного рода мусор) твердого субстрата способствует росту биологической продукции. Вследствие огражденности и пониженной общей гидродинамики на акваториях МП происходит накопление разного рода взвесей, органических веществ, биогенных элементов. Боковые поверхности гидротехнических сооружений в МП выполняют функции искусственных рифов и во многом напоминают поставленное вертикально дно.

В экосистемах МП прослеживается связь между важнейшими биотопами и различными типами движений воды. Происходящий время от времени подъем сероводорода в огражденных акваториях МП значительно уменьшает объем воды, пригодный для выживания планктонов, нектонных организмов и организмов перифитона.

Наибольшее влияние на изменение местных морских биот оказывают: экосистемы МП; строительство и эксплуатация судовых ходов, соединяющих различные водоемы; перенос гидробионтов судами на внешних поверхностях и в балластных танках. Благодаря наличию большого количества искусственного твердого субстрата, МП оказываются прибежищем для многих местных видов и источником личиночного материала для прилегающих акваторий. В МП происходит обмен видов между обрастанием корпусов судов и гидротехнических сооружений. Многие виды-вселенцы закрепляются, в первую очередь, в акваториях МП и в соседних экосистемах.

Ключевые слова: порты, судно, судоходные пути, виды-вселенцы, трансформация экосистем.

В Институте морской биологии НАНУ и в учреждениях, на базе которых он создан, на протяжении более 65 лет велись и ведутся исследования, связанные с изучением влияния строительства и функционирования морских портов (МП), судостроения и судоходства на морские экосистемы. Аналогичные работы проводятся и в ряде других научных учреждений в различных странах (Александров 2004; Зайцев, Александров и др. 2004; Виноградов 2008; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Селифонова 2012; Виноградов, и Синегуб 2015; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018). В данной публикации предпринята попытка обобщить основные накопленные результаты и сделать важнейшие выводы по указанной тематике.

Антропогенный пресс в той или иной форме действует на все водные экосистемы, включая и морские, и за последние 200 лет все они в той или иной степени подверглись определенной трансформации. В них изменились не только абиотические условия, но и многие биотические компоненты (Николаев 1979; Алимов, Орлова, и Панов 2000; Орлова 2000; Татаринцева и др. 2000; Александров 2004; Алимов и др. 2004; Шиганова 2009; Жирков, Азовский, и Максимова 2010; Протасов 2011; Carlton and Geller 1993; Leprakovski et al. 2002; Dumont, Shiganova, and Niermann 2004; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

Как известно, под термином трансформация (от латинского – *transformatio*) подразумеваются такие процессы, как преобразование, превращение,

изменение чего-либо. В данном случае рассматриваются влияние МП, судоходства и строительства искусственных водных путей на морские экосистемы и некоторые наиболее масштабные последствия, вызываемые этими изменениями.

Со второй половины XIX в. в различных районах Мирового океана, но особенно во внутренних и окраинных морях, во все большей степени стали проявляться разнообразные последствия строительства и работы МП, судовых ходов и каналов, а также непосредственно судоходства.

Строительство МП, зародившееся в Средиземноморье, и морское судоходство уже насчитывают несколько тысячелетий. В XIX в. в портовом строительстве вместо природных камней и дерева начали использовать искусственные материалы – бетон и железобетон, железо, сталь и другие.

В XIX в. произошел переход от деревянного кораблестроения сначала к железному, а затем и к стальному. Паруса были заменены паровыми машинами, а затем дизельными и турбинными двигателями. В этот же период во много раз увеличались и размеры судов и их осадка. Твердый балласт на судах был заменен водяным, для чего в корпусах судов стали делать специальные балластные емкости (танки), размеры которых со временем также увеличивались.

В XIX–XX вв., главным образом в Европе и в Северной Америке, для целей судоходства стали сооружать различные искусственные водные пути как самоплавные, так и с использованием шлюзов, соединившие бассейны различных морей. На этот же период приходится строительство так называемых мировых каналов – Суэцкого и Панамского. Это дало судам возможность намного быстрее перемещаться из Индийского океана через Красное море в Средиземное и далее в Атлантический и в Тихий океаны, а также в обратном направлении. Отпала необходимость обогнуть с юга Африку и Южную Америку. В Европе появились трансконтинентальные водные пути, соединившие ее южные и северные моря.

Оказалось, что указанные виды антропогенной деятельности прямо или опосредованно вызывают изменения биотических компонентов водных экосистем и зачастую сопровождаются теми или иными нарушениями в их функционировании, то есть стимулируют различные по масштабам сукцессионные процессы.

По некоторым оценкам (Резниченко 1978) обрастание на искусственных субстратах, связанных с судоходством, составляет в миллионах тонн: плавсредства – 4,8; навигационные ограждения – 0,6; стационарные сооружения – 1,2; неплавучие поверхности – 0,1. В целом это составляет 6,7 млн тонн.

Перевозки товаров и разнообразных грузов водным транспортом в мировом масштабе, по некоторым оценкам, составляют около 90% всех перевозок. Потребности в трансокеанических, межбассейновых и внутрибассейновых перевозках продолжают возрастать. Для их удовлетворения строятся новые порты, углубляются акватории существующих, сооружаются и модернизируются причалы, углубляются и расширяются подходные каналы к портам, улучшается проходимость судовых ходов и каналов, увеличиваются размеры судов и их осадка. Все эти процессы требуют пристального внимания исследователей и, прежде всего, с точки зрения их воздействия на экосистемы, на их биотические компоненты.

Одним из важнейших свойств портов является их защищенность от чрезмерного ветрового и волнового воздействия, но в то же время не каждая защищенная водная акватория может называться портом.

Порт (от латинского *portus* – гавань, пристань) – участок берега моря с примыкающей водной акваторией, обычно хорошо защищенной от воздействия волн и оборудованной для стоянки судов, складирования грузов, погрузочно-разгрузочных работ.

Морские порты классического типа, включая главные черноморские порты Украины – Одесский, Черноморский (Ильичевский) и Южный, имеют в своей структуре три основных компонента: 1 – естественно и искусственно защищенную, доведенную до необходимых глубин акваторию; 2 – причалы из бетонных блоков или на свайных основаниях, разнообразные терминалы, портовую инфраструктуру; 3 – подходные каналы с глубинами, соответствующими таковым на акваториях и у причалов. Это определяет общие абиотические и биотические особенности формирующихся в МП экосистем, функционирующих в условиях пониженной гидродинамики, наличия больших площадей искусственного твердого субстрата и отсутствия естественных прибрежных мелководий. В МП при строительстве набережных и причалов происходит выравнивание береговой линии. Причалы могут располагаться как вдоль берега, так и вдоль выдвинутых в акваторию пирсов.

Основными гидротехническими сооружениями (ГТС) портов наряду с защитными молами или брекватерами являются причалы для судов, но они становятся таковыми только при наличии глубоководных акваторий и подходных каналов. Это три неразделимых компонента классических портов. Функционально входящие в структуру МП внешние рейды в экологическом смысле не являются частью их экосистем.

Как уже упоминалось, главная особенность акваторий МП состоит в большей или меньшей

защищенности от преобладающих в конкретном регионе штормовых ветров. Достигается это путем использования естественных свойств заливов, бухт, лагун, лиманов, устьев рек и других природных объектов, либо строительством искусственно защищенных акваторий с помощью ограждающих ГТС (молов, волноломов, волноотбойных стенок, причалов), но чаще и тем, и другим.

Воздействие того или иного МП как транспортного узла и судов, обрабатываемых в них, на экосистемы акваторий, при соблюдении соответствующих технологий погрузки и разгрузки напрямую не зависит от объемов перевалки грузов, а во многом связано с антропогенным фактором. Значение имеют: величина акваторий, глубины, расположение молв, волноломов, причалов, количество, ширина и глубина проходов на акватории, площадь подводных поверхностей ГТС, наличие на акваториях портов устьев рек, выпусков сточных вод и прочее.

Подводные поверхности ГТС и корпусов судов представляют собой искусственный твердый субстрат, пригодный для заселения гидробионтами из разных таксономических групп (Зернов 1913; Гринбарт 1938; Никитин 1947; Никитин и Тарасов 1957; Зевина 1961; Сальский 1962; Свирская и Мельничук 1973; Михайлов 1980; Михайлов и Кашин 1981; Миловидова и Цымбал 1984; Звягинцев и Михайлов 1988; Муравьева 1994; Зайцев, Александров и др. 2004; Звягинцев 2005; Мощенко 2006; Александров 2008; Степаньян 2008; Раилкин 2008; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Виноградов и Синегуб 2015; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

Вмешательство человека в функционирование недостаточно изученных динамических природных систем при строительстве ограждающих портовых ГТС и дноуглубительных работах может вызывать изменения в характере прибрежных течений, во вдольбереговом потоке наносов, размыве берегов или, наоборот, их обмелении. Такие нарушения неминуемо оказывают воздействие на прибрежные биотопы и биоценозы (Магишов, Жданов, и Лебедева 2002; Зайцев, Александров и др. 2004; Виноградов 2008; Рубцова и Алемов 2011; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

По Международной классификации порты 1-го класса принимают суда с осадкой до 20 м, 2-го класса – до 12 м, 3-го класса – до 9 м. Наиболее глубоководными портами Украины являются МП «Южный», «Одесса», «Черноморск». Они могут принимать суда с осадкой более 12 м, а некоторые причалы МП «Южный» и «Одесса» – до 15–17 м. В МП «Южный» ведутся дноуглубительные работы с целью доведения в нем глубин до 20–21 м.

Среди морских портов Черного моря, расположенных на морском берегу и искусственно огражденных, наибольшую площадь акватории – 26 км² – имеет румынский порт Констанца. Для сравнения: площадь Одесского порта – 2,8 км². Акваторией МП Севастополь является одноименная бухта эстуарного типа площадью около 7 км². Акваторией МП Болгарии Варна–Запад являются сообщающиеся озера Варненское и Болеславское общей площадью более 20 км². Площади акваторий МП Черноморск и МП Южный, расположенных соответственно в Сухом и Григорьевском лиманах, около 6 км² каждого.

При превращении пресноводных озер в акватории МП, как в случае с МП Варна–Запад, происходит замена пресноводной фауны на морскую и солоноватоводную. Строительство постоянных глубоководных каналов и дноуглубление в таких «умирающих» водоемах эстуарного типа, как Сухой и Григорьевский лиманы, несмотря на превращение их в акватории МП, не только стабилизировало в них гидрологический и гидрохимический режимы, но и привело к значительному обогащению их биоты и «омоложению» экосистем. К еще более разительным переменам привела прокладка глубоководного судоходного канала в лиман-озеро Донузлав. Соленость в нем понизилась с 90–95‰ до 17,5–18‰. В результате в лимане сформировалась биота, не уступающая по разнообразию прилегающим участкам Черного моря (Лосовская 1969; Виноградов 2008; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

О масштабах антропогенного вмешательства в прибрежные экосистемы говорят следующие приближенные цифры. Площадь подводных поверхностей ГТС в Севастопольской бухте – 190 тыс. м², в МП Одесса – 180 тыс. м², в МП Южный – 95 тыс. м², в МП Черноморск – 80 тыс. м². Общая площадь искусственных подводных поверхностей в МП Констанца превышает 400 тыс. м².

Даже по приближенной оценке общая площадь антропогенно измененных акваторий МП в Черном и Азовском морях составляет свыше 50 км², длина искусственно углубленных подходов к МП более 350 км, общая протяженность гидротехнических сооружений превысила 300 км, площадь их подводных поверхностей – свыше 2 млн м² (Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014).

Нужно отметить, что давно затопленные Черным морем, но частично возвышающиеся над дном руины древних городов-портов Диоскуриада, Каллатис, Синоп и других до настоящего времени служат твердым субстратом для организмов-обрастателей.

Все МП представляют собой специфические экосистемы, совмещающие в себе в различных

сочетаниях естественные и искусственные компоненты (рис. 1).

В экосистемах акваторий современных МП могут быть выделены более или менее автономные подсистемы: 1 – пелагиали, 2 – перифитали, 3 – бентали. Пелагиаль объединяет подсистемы в единую экосистему того или иного порта. Несмотря на индивидуальные отличия МП, они сооружаются и функционируют на основании общих принципов. Все экосистемы МП находятся в условиях ослабленной гидродинамики и водообмена. Благодаря искусственному увеличению глубин в МП возникает возможность для вертикальной стратификации водных масс и формирования устойчивого пикноклина. Введение в экосистемы МП большого количества стационарного (ГТС) и временного подвижного (корпуса судов) твердого субстрата способствует росту биологической продукции. Вследствие ограждения и пониженной общей гидродинамики на акваториях МП происходит накопление разного рода взвесей и органического вещества. В МП частично или полностью уничтожаются прибрежные мелководья с присущими им многовидовыми, с большой общей биомассой биоценозами, условия отмелого берега заменяются условиями приглубокого. Боковые поверхности ГТС в МП выполняют функции искусственных рифов и во многом напоминают поставленное вертикально дно. На дне и в придонном слое МП из-за избытка мертвого органического вещества и образования сероводорода часто складываются сапробиотические, заморные ситуации. В то же время на акваториях МП не ведется промысел, их биоты насчитывают сотни гидробионтов и их экосистемы являются донорами личиночного материала для прилегающих экосистем

(Николаев 1979; Зайцев, Александров и др. 2004; Виноградов 2008; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Орлова 2000; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018). Более века назад С.А. Зернов (1913) отмечал сходство обрастания разных МП.

В морских портах нет жесткой границы между обитателями пелагиали, перифитали и бентали. Многие прикрепляющиеся виды и подвижные бентосные формы имеют пелагические стадии развития. Личинки бентосных видов играют важную роль в составе планктона МП. Но даже представители бентоса, не способные плавать, но имеющие приспособления для медленного ползания, могут по боковым поверхностям ГТС покидать бенталь в случае возникновения критических ситуаций. В экосистемах МП прослеживается связь между важнейшими биотопами и различными движениями воды (рис. 2).

На акваториях МП вследствие ограждения и дноуглубления в подсистеме пелагиали возникают условия и процессы, отличающиеся от таковых в прилегающих районах моря. Появление устойчивого пикноклина приводит к формированию в МП над ним и под ним эпи- и батипланктонных комплексов. Происходящий время от времени подъем сероводорода в огражденных акваториях МП значительно уменьшает объем воды, пригодный для выживания большинства планктеров.

Пониженная гидродинамика и наличие твердого субстрата на акваториях МП улучшают условия существования некоторых макрофитов, но в то же время они оказываются недостаточными для развития большинства крупных водорослей. Поскольку в МП прибрежные мелководья уничтожаются, то взамен прибрежного пояса макрофитов в них на поверхностях ГТС формируется приповерхностный

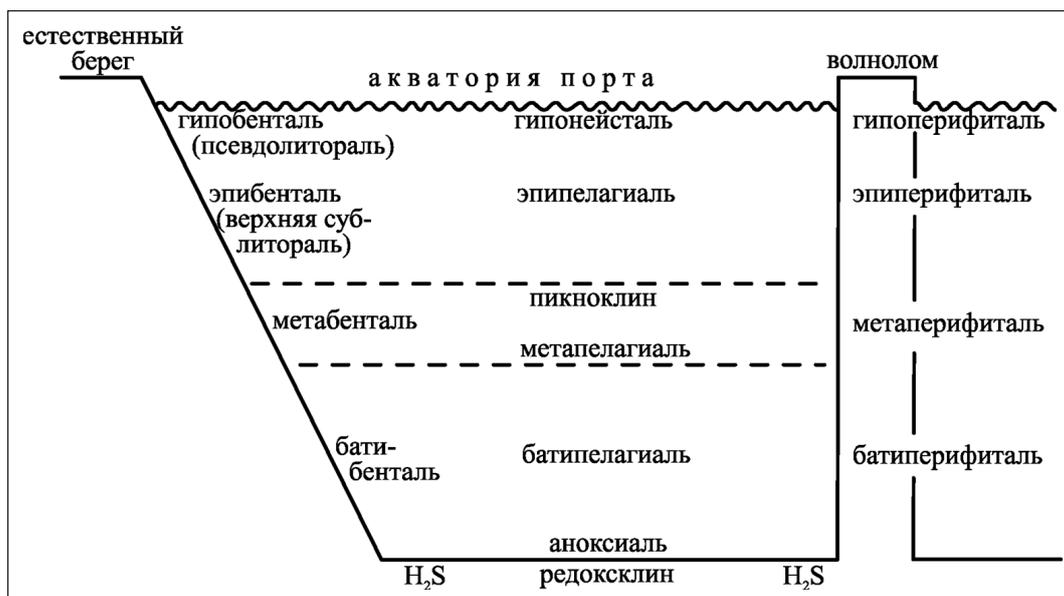


Рис. 1. Обобщенная схема важнейших биотопов в акваториях МП классического типа

пояс с обедненным видовым составом (Никитин 1947; Зайцев, Александров и др. 2004; Миловидова и Цымбал 1984; Мощенко 2006; Миничева и др. 2011; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Виноградов и Синегуб 2015; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

В бентали МП на большей площади дна отмечаются мягкие осадки, представленные черными илами с чрезвычайно бедной фауной. Биомасса бентоса составляет там от 1 до 10 г на 1 м² дна. Значительного развития могут достигать некоторые устойчивые к дефициту кислорода и наличию сероводорода представители мейобентоса и, в частности, нематоды и полихеты (Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

В составе мейо- и макрозообентоса МП выделяются три группировки. Первая, наиболее богатая качественно и количественно, связана с мелководьями до 2–3 м там, где они сохранились; вторая – с глубинами 3–8 м; третья, наиболее бедная, с глубинами 10–20 м (Виноградов 2008; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

Между биоценозом обрастания ГТС и биоценозом черного ила на дне существуют, где для этого достаточно кислорода, переходные экотонные зоны шириной от нескольких метров до нескольких десятков метров. В глубоководных акваториях (10–20 м) макрозообентос в центральных частях гаваней, как правило, беднее, чем у оснований ГТС. В сравнительно мелководных гаванях (3–6 м) с более плотными (менее рыхлыми и оводненными) грунтами эти различия нивелируются.

Для ГТС МП характерно поясное распределение обрастателей. Наибольшие биомассы обрастания (до 30–35 кг м²) на внутренних поверхностях ГТС формируются на расстоянии 1–3 м от поверхности воды, а на внешних – на глубине 3–5 м. К поверхности и ко дну биомасса обрастания снижается. Чем дальше удалены акватории МП от прохода, тем хуже в них условия для существования большинства видов гидробионтов (Виноградов 2008; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub, 2018).

В МП на ГТС приповерхностный горизонт до 0,5–0,6 м наименее благоприятен для многих организмов-обрастателей. Связано это с волновым воздействием, колебаниями уровня воды и льдообра-

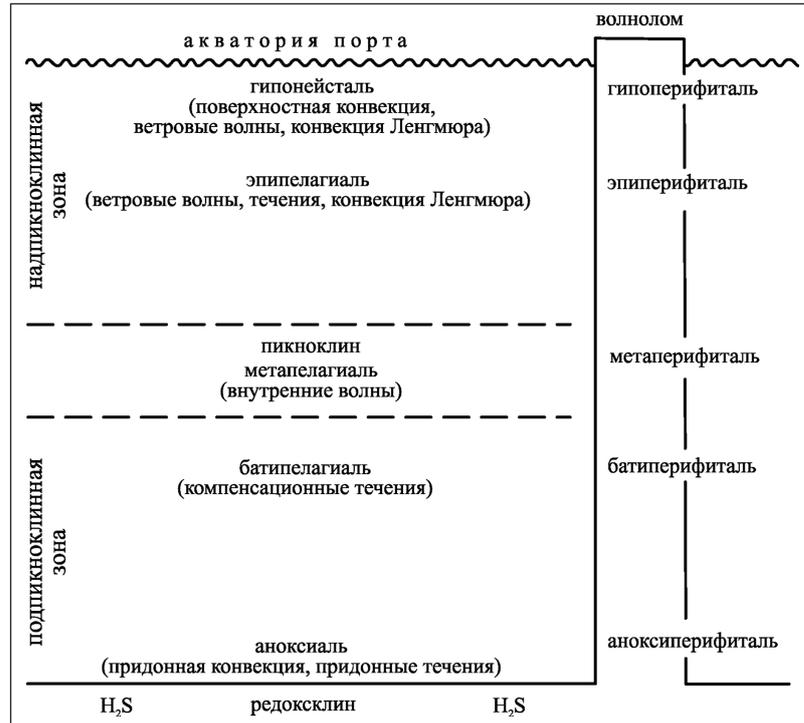


Рис. 2. Общая схема связи важнейших биотопов акваторий МП с движениями воды

зованием. Нижняя часть ГТС в МП при глубинах более 8–10 м, на расстоянии от дна 0,5 м и более зачастую также оказывается мало пригодной для формирования устойчивого обрастания. Отсутствие его у дна может быть объяснено хроническим дефицитом кислорода и периодическим или постоянным присутствием сероводорода в результате подъема редоксклина в толщу воды (Воробьева 1996; Зайцев, Александров и др. 2004; Александров 2008; Витер 2011; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Виноградов и Синегуб 2015).

Большое число МП Европы размещено на реках, которые в нижнем течении образуют эстуарии, глубоко вдающиеся в сушу, или настолько расширяют свое русло, что оно может рассматриваться как морской залив. Многие крупные порты, расположенные на расстоянии 100 км (иногда и больше) от устьев, считаются морскими. Они ничем не отличаются от портов, находящихся непосредственно на открытых морских берегах в бухтах и заливах, и без ограничения обслуживают крупные океанские суда. К таким русловым и эстуарным МП относятся Гамбург на Эльбе, Антверпен на Шельде, Роттердам на Рейне, Руан на Сене, Щецин на Одре, Измаил, Рени и Галац на Дунае, Николаев на Южном Буге, Херсон на Днепре, Астрахань на Волге, Архангельск на Северной Двине и др. Расположенные на больших реках МП обычно являются смешанными, так как в них одновременно обрабатываются морские и речные суда.

Существуют явные и опосредованные экологические связи и взаимозависимости между судами (длина, осадка, количество, характер грузов и пр.), портами (размеры акватории, глубины, подходные каналы, количество и площадь искусственных ГТС и прочее) и приморскими городами (количество населения, коммуникации, инфраструктура и прочее). Изменения в одном из компонентов указанной триады влекут за собой прямые и опосредованные перестройки и последствия в других.

Являясь подвижным твердым субстратом, суда переносят на поверхности корпусов организмы-обрастатели из одних прибрежных вод, зачастую с пониженной соленостью, в другие прибрежные воды (Никитин 1947; Никитин и Тарасов 1957; Михайлов 1980; Звягинцев и Михайлов 1988; Александров 2004, 2008; Зайцев, Александров и др. 2004; Мощенко 2006; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

Приходящие из различных районов Мирового океана суда при швартовке к причалу на протяжении некоторого периода времени обмениваются организмами-обрастателями. Некоторые из видов-вселенцев, закрепившись в экосистеме порта, затем могут расселяться и в соседние экосистемы.

Смачиваемая поверхность корпусов судов, как деревянных, так и металлических, представляет собой, в отличие от поверхности ГТС, переменную составляющую перифитали портов. В XIX в. переменная составляющая перифитали (искусственный субстрат) изменялась не только количественно, но и качественно. Металл заменил дерево. Появление паровых машин на металлических судах позволило к концу XIX в. строить корабли водоизмещением в десятки тысяч тонн.

Следующий большой скачок был связан с внедрением дизельных и турбинных двигателей. Появились корабли водоизмещением в сотни тысяч тонн. Первый в мире танкер валовой грузоподъемностью (дедвейтом) 100 тыс. т построен в 1960 году. В 1967 году появился первый «200-тысячник», в 1968 – «300-тысячник», в 1974 – танкер грузоподъемностью 484 тыс. т, а в 1976 году вступили в строй созданные во Франции танкеры грузоподъемностью по 540 тыс. т. Одно из наиболее широких судов в мире – это танкер «Нанни», построенный в 1978 году в Швеции. При водоизмещении около 570 тыс. т ширина его корпуса составила 79,9 м. Спущенный на воду во Франции в 1976 году танкер «Батиллус» имел водоизмещение 632 тыс. т, длину – 412 м, ширину – 63 м, высоту борта – 36 м, осадку – около 29 м. Смачиваемая поверхность корпуса этого судна равна 45 тыс. м².

Сухогруз грузоподъемностью 20 тыс. т имеет длину 175 м, ширину – 23 м, осадку – около 10,5 м.

У сухогруза грузоподъемностью 30 тыс. т длина составляет 210 м, ширина – 26 м, осадка – около 11,5 м. Сухогруз «80-тысячник» имеет длину 260 м, ширину 35 м, осадку – 14,5 м.

Контейнеровозы, перевозящие до 12 тыс. контейнеров, имеют длину 310–350 м. Такие же размеры имеют некоторые суда-газовозы и пассажирские суда. Смачиваемые поверхности их корпусов превышают 20 тыс. м².

В некоторых местах концентрация судов достигает больших величин: через пролив Ла-Манш ежедневно проходит более тысячи судов, через Гибралтар – более 400, через Босфор из Мраморного моря в Черное – более 100 (Залеский 1971). С судов в моря сбрасывается различный мусор.

Металлические корпуса судов подвергаются как обрастанию, так и коррозии. Эти процессы взаимосвязаны. Применение специальных красок и покрытий может существенно снижать опасность обрастания, но не исключает его полностью.

Наиболее часто на корпусах судов отмечаются водорослевые, мидиевые и баянусные обрастания. На судах поверхности, подвергающиеся обрастанию, всегда сохраняют одинаковые расстояния от ватерлинии. Обрастания судов носят поясной характер (Никитин и Тарасов 1957; Мощенко 2006; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

Из высших водорослей в обрастаниях судов обычно встречаются зеленые водоросли из родов *Cladophora*, *Chaetomorpha*, *Enteromorpha*, *Ulva*; из бурых – *Ascophyllum*, *Fucus*; из красных – *Callithamnion*, *Ceramium*. У ватерлинии чаще всего живут зеленые, глубже селятся бурые, еще глубже – красные водоросли. Если водоросли не принадлежат к известковым, то они после отмирания легко отпадают (Никитин и Тарасов 1957; Михайлов 1980; Звягинцев Михайлов 1988; Мощенко 2006; Виноградов, Богатова, и Синегуб 2012, 2014).

В обрастании корпусов судов могут принимать участие десятки видов растений и животных. Наряду с бактериями и диатомовыми водорослями сюда входят простейшие, коловратки, водоросли-макрофиты, баянусы, двустворчатые моллюски, мшанки, гидроиды, полихеты и др. Среди них могут находиться подвижные неприкрепленные организмы (амфиподы, креветки, мелкие крабы, личинки и мальки рыб) (Никитин 1947; Никитин и Тарасов 1957; Калугина-Гутник 1975; Алимов, Орлова, и Панов 2000; Болтачев и др. 2003; Александров 2004; Зайцев, Александров и др. 2004; Звягинцев, Ивин, и Кашин 2009; Жирков, Азовский, и Максимова 2010; Селифонова 2010; Протасов 2011).

После открытия Суэцкого канала по нему в Средиземное море проникло около 500 видов (рыбы,

ракообразные, моллюски, иглокожие, планктонные организмы) (Протасов 2011). Несмотря на высокую соленость вод канала в районе Горьких озер, в обе стороны прошло около 80 видов рыб и около 200 видов беспозвоночных. Как считала А.А. Калугина-Гутник (1975), за первые 100 лет существования канала в Средиземное море прошло более 180 видов макроводорослей.

После введения в строй в 1952 году Волго-Донского канала из Черноморско-Азовского бассейна в Каспий в обрастаниях на корпусах судов проникли 10 видов бурых и красных водорослей, усоногие раки *Amphibalanus improvisus* и *A. eburneus*, мшанка *Conopeum seurati*, гидромедузы *Blackfordia virginica* и *Odessia maeotica* (*Moeresia maeotica*), гидроид *Bougainvillia megas*, внутришпорцевая *Barentsia benedeni*, амфипода *Corophium volutator*, голландский краб *Rhithropanopeus harrisi*, брюхоногий моллюск *Tenellia adspersa*, двустворка *Dreissena bugensis* и др. (Никитин 1947; Зевина 1961; Алимов, Орлова, и Панов 2000; Татаринцева и др. 2000; Алимов и др. 2004; Карпинский 2009; Шиганова 2009).

Благодаря многочисленным каналам Рейн соединен с водными системами Роны, Сены, Дуная и Эльбы и представляет собой ось крупных смешанных речно-морских перевозок Европы. Важную роль в распространении гидробионтов играет также и Волго-Балтийский водный путь. Будучи объединенными в единую внутриконтинентальную транспортную сеть, речные системы Европы утратили разделительную роль, проходящих по их водоразделам, естественных границ экосистем. В результате в процессе обмена биот их индивидуальные особенности все сильнее стираются. В настоящее время это естественный, мало контролируемый, необратимый процесс, распространившийся на приустьевые акватории крупных судоходных рек, эстуарии и экосистемы внутренних и окраинных морей. Освоение видами-вселенцами новых местообитаний благодаря искусственно созданным судовым путям достигло таких масштабов, что проследить за ним детально очень трудно.

Гораздо более комфортным, перспективным и менее опасным для гидробионтов является перенос в личиночном состоянии не одиночных особей, как в обрастании, а сразу целой популяции в балластных водах. Причем в новом местообитании из крошечных планктонных личинок могут вырасти достаточно крупные организмы, как беспозвоночные, так и рыбы.

Балластными могут быть любые природные воды от пресных до соленых океанических, и каждому типу водных масс свойствен определенный комплекс гидробионтов, составляющих в совокупности его биоту.

Широко практиковавшийся до недавнего времени, а кое-где практикующийся и поныне, сброс балластных вод в акваториях МП или на их внешних рейдах создает предпосылки для одновременного попадания туда целых популяций тех или иных видов гидробионтов и даже целых звеньев пищевых цепей.

Балластная вода (биотоп) вместе с находящимися в ней организмами (биотой) представляют произвольно взятую и изолированную часть биоценоза пелагиали места забора. Место сброса балластных вод для их биоты носит случайный характер и для большинства видов новые условия на каком-то из этапов их индивидуального развития могут оказаться неблагоприятными. Но среди них могут быть и виды, способные закрепиться в новом месте обитания.

Количество принимаемого балласта может достигать 60–80 % грузоподъемности танкера, а в штормовых условиях – до 90–95 % (Союзов и Христенко 1975). Крупнейшие танкеры могут переносить до 0,5 млн т балластных вод.

Имеются данные о том, что всемирное судоходство ежегодно перемещает около 12 млрд т водяного балласта и до 4,5 тыс. различных видов гидробионтов (Болтачев и др. 2003; Зайцев, Александров и др. 2004; Звягинцев, Ивин, и Кашин 2009; Селифонова 2010, 2012).

Балластные танки на судах – это, прежде всего, большие или меньшие емкости для морской воды, перевозимой внутри корпуса судна. Балластные воды можно рассматривать как специфические временные экосистемы (Николаев 1979; Союзов и Христенко 1975; Carlton and Geller 1993; Татаринцева и др. 2000; Leprakovski et al. 2002; Болтачев и др. 2003; Селифонова 2010; Vinogradov, Bogatova, and Synegub 2018).

Вплоть до второй половины XX в. балластные танки в той или иной мере загрязнялись топливом, то есть нефтепродуктами. Условия для выживания гидробионтов в такой воде были весьма неблагоприятными, а сброс балластных вод в море приводил к масштабному загрязнению прибрежных вод и морских побережий. В конце XX в. требования к чистоте балластных вод в мире резко возросли, и главным стало правило недопущения смешивания на судах балластных и нефтесодержащих вод. За последние десятилетия балластные емкости на судах стали все больше приобретать свойства больших плавучих аквариумов объемом от нескольких сотен до нескольких тысяч, и даже десятков тысяч тонн каждый. Внутренние поверхности балластных танков окрашиваются специальными противокоррозионными красками.

Балластные воды закачиваются обычно с глубины несколько метров, и в них оказываются

взвешенные и растворенные вещества, а также организмы, свойственные именно этим водам. В танках организмы, обитающие обычно в поверхностных, хорошо освещенных, содержащих высокие концентрации кислорода водах, попадают в затемненные условия, что наблюдается на гораздо больших глубинах. На протяжении всего перехода судна из порта в порт условия в балластных водах остаются достаточно стабильными. Температура воды в танках, в связи с тем, что они находятся в части корпуса, погруженной на некоторую глубину в толщу морской воды, не испытывает резких суточных колебаний.

В танках часть крупных взвешенных частиц, включая пеллеты гидробионтов и погибшие организмы, постепенно опускается на дно и образует слой осадка, то есть субстрат для представителей микро- и мейобентоса. Толстый слой осадка, сохраняющийся долго в балластных танках и содержащий большое количество органических веществ, может даже становиться источником сероводорода.

Балластные воды в процессе движения судна подвергаются преимущественно разнонаправленным сейшевым колебаниям, что способствует возникновению при взаимодействии пристеночных масс воды со стенками танков турбулентных движений. Обычно в танках над водой имеется некоторый слой воздуха, который при колебаниях воды во время качки и соударении со стенками в виде пузырьков проникает в воду. Таким образом, в водной массе в танке сохраняется на протяжении длительного времени (недели, месяцы) достаточно благоприятные для гидробионтов кислородные условия.

Сроки жизни многих микроскопических обитателей толщи морской воды составляют часы, сутки, недели и за время длительного перехода судна они обычно успевают многократно делиться или размножаться другими способами.

В балластных водах в замкнутом объеме, как в гигантском аквариуме, находятся как пища в разном состоянии, так и ее потребители разных трофических уровней. В каждом отдельном балластном танке за время перехода судна формируется своеобразная временная водная экосистема.

Если закачка балластных вод производится один раз, то в них оказываются организмы одной экологической группировки, что способствует быстрому установлению трофических связей. Самосборка экосистемы танка происходит достаточно быстро, т. к. основные экологические процессы в ней осуществляют микроорганизмы (бактерии, простейшие, мелкие беспозвоночные). При выкачке таких балластных вод в новое местообитание попадает не отдельно взятый вид, а более или менее целостная экологическая группировка гидробионтов. В случае, когда балласт принимается в нескольких местах, то

в танках могут оказываться организмы, относящиеся к разным экологическим группировкам.

Установлено, что при переходе из Балтийского моря в Северное (3–4 суток) в водяном балласте переносится все сообщество планктона без изменений. При переходах из Средиземного моря в Черное (4–5 суток) жизнеспособность в водяном балласте сохраняет практически все пелагическое сообщество. После трансокеанических переходов через 30 суток в балластных водах обнаружено множество достаточно крупных организмов (мальки рыб длиной 3–4 см, небольшие крабики, креветки, моллюски и другие).

В балластных водах судов, приходящих из Японии в США, обнаружено 367 видов живых планктонных организмов, включая легкоповреждаемых медуз (Carlton and Geller 1993).

Наличие физических и химических условий для закрепления вида в новом для него местообитании является лишь предпосылкой, так как, видимо, решающую роль может сыграть новое биотическое окружение.

В европейских морях, омывающих берега России (северных – Баренцевом, Белом, Балтийском, и южных – Каспии, Азовском, Черном) уже обнаружено более 150 видов-вселенцев (Татаринцева и др. 2000; Матишов, Жданов, и Лебедева 2002.; Aquatic ... 2004; Lepprakovski et al. 2002; Алимов и др. 2004).

К 2000 году в воды североамериканского побережья вселились 298 видов, в Средиземное море – 240, на австралийское побережье – 210, в Черное море – 142, в Балтийское – 98, в Северное – 80 (Алимов, Орлова, и Панов 2000; Алимов и др. 2004; Карпинский 2009; Жирков, Азовский, и Максимова 2010; Протасов 2011).

Морская трава *Halophila stipulacea* проникла в Средиземное море из Красного после сооружения судоходного Суэцкого канала и уже распространилась вдоль берегов до Мальты, активно вытесняя местные виды морских трав (Жирков, Азовский, и Максимова 2010).

Благодаря судоходству бурая водоросль *Sargassum muticum* из прибрежных вод Японии попала вначале на тихоокеанское побережье США, а затем на Атлантическое побережье и к берегам Европы.

В Черное море хищный брюхоногий моллюск рапана *Rapana venosa* (*R. thomasi*), видимо, попал на личиночных стадиях в балластных водах из Японского моря. Сравнительно быстро она стала настоящим бичом для массовых поселений устриц, мидий, митилястера, опустошая их почти полностью.

Колоссальные изменения в функционировании экосистем Черного и Азовского морей в пер-

вые годы после своего вселения внес гребневик *Mnemiopsis leidyi*. Из-за огромной его численности, быстрого размножения и интенсивного питания планктонными беспозвоночными, икрой и личинками рыб были подорваны запасы кормовых для планктоноядных рыб ресурсов и непосредственно запасы самих рыб.

Необходимо констатировать, что районы с неполносолёными водами в морях и океанах, благодаря судоходству становятся, с одной стороны, регионами-донорами, а с другой – регионами-реципиентами для чужеродных видов из самых разных таксономических групп и экологических комплексов.

Можно ожидать, что в будущем, в результате неконтролируемого перемещения в процессе судоходства гидробионтов и благодаря постепенному отбору наиболее эврибионтных и жизнестойких видов из разных таксономических групп и функци-

ональных комплексов, различия между прибрежными экосистемами будут все более стираться, а видовое разнообразие – сокращаться, и произойдет их общее упрощение. Однако такие экосистемы приобретут большую устойчивость к антропогенным воздействиям.

В заключении следует отметить, что глобальная сеть акваторий МП, густая паутина важнейших естественных и искусственных водных путей, множество судов, перевозящих балластные воды, образуя в совокупности единую систему, играют определяющую роль не только в формировании современных прибрежных биот, но и биот близкого и отдаленного будущего как северных, так и южных неполносолёных морей Европы. Сходные процессы происходят в прибрежных водных экосистемах и других континентов, за исключением Антарктиды и некоторых, пока мало освоенных, районов Мирового океана.

Список использованных источников

- Александров, Б.Г. 2004. "Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий." *Морской экологический журнал* 3 (1):5-17.
- Александров, Б.Г. 2008. *Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря*. Киев: Наукова думка.
- Алимов, А.Ф. и др. 2004. *Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах*. Москва, Санкт-Петербург: Т-во научных изданий КМК.
- Алимов, А.Ф., М.И. Орлова, и В.Е. Панов. 2000. Последствия интродукции чужеродных видов для водных экосистем и необходимость мероприятий по его предотвращению. В *Виды-вселенцы в европейских морях России*. 12-23, Апатиты: Изд-во КНЦ РАН.
- Болтачев, А.Р., и др. 2003. "Балластные воды как основной антропогенный фактор биологического загрязнения Черного моря." *Рибне господарство України* 1(24):11-15.
- Виноградов, А.К., ред. 2008. *Экосистема Григорьевского (Малого Аджалыкского) лимана*. Одесса: Астропринт.
- Виноградов, А.К., и И.А. Синегуб. 2015. "Важнейшие абиотические особенности и биотопическая структура акваторий морских портов." *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету (Серія: біологія)* 3-4(64):92-96.
- Виноградов, А.К., Ю.И. Богатова, и И.А. Синегуб. 2012. *Экосистемы акваторий морских портов Черноморско-Азовского бассейна (Введение в экологию морских портов)*. Одесса: Астропринт.
- Виноградов, А.К., Ю.И. Богатова, и И.А. Синегуб. 2014. *Экология морских портов (Черноморско-Азовский бассейн)*. Одесса: Астропринт.
- Витер, Т.В. 2011. "Макрзообентос гидротехнических сооружений бухт Севастопольская и Камышовая. ональных комплексов, различия между прибрежными экосистемами будут все более стираться, а видовое разнообразие – сокращаться, и произойдет их общее упрощение. Однако такие экосистемы приобретут большую устойчивость к антропогенным воздействиям.
- В заключении следует отметить, что глобальная сеть акваторий МП, густая паутина важнейших естественных и искусственных водных путей, множество судов, перевозящих балластные воды, образуя в совокупности единую систему, играют определяющую роль не только в формировании современных прибрежных биот, но и биот близкого и отдаленного будущего как северных, так и южных неполносолёных морей Европы. Сходные процессы происходят в прибрежных водных экосистемах и других континентов, за исключением Антарктиды и некоторых, пока мало освоенных, районов Мирового океана.
- Воробьева, Л.В. 1996. "Динамика заселения мейофауной субстратов искусственного и естественного происхождения в морской среде." *Гидробиологический журнал* 32(6):15-20.
- Грінбарт, С.Б. 1938. "Обростання дерев'яних та кам'яних споруд в Одеській затоці." *Праці Одеського державного університету (Серія: біологія)* 3:53-57.
- Жирков, И.А., А.И. Азовский, и О.В. Максимова. 2010. *Жизнь на дне. Биогеография и биоэкология*. Москва: Товарищество научных изданий КМК.
- Зайцев, Ю., Б. Александров, и др. 2004. *Базовые биологические исследования Одесского морского порта (август-декабрь 2001 года)* (Итоговый отчет). Одесса: Одесский демонстрационный центр программы ГлоБалласт.
- Залеский, Е. 1971. *География морского транспорта*. Москва: Прогресс.
- Звягинцев, А.Ю. 2005. *Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана*. Владивосток: Дальнаука.
- Звягинцев, А.Ю., В.В. Ивин, и И.А. Кашин. 2009. *Методические рекомендации по исследованию судовых балластных вод при мониторинге морских инвазий*. Владивосток: Дальнаука.
- Звягинцев, А.Ю., и С.Р. Михайлов. 1988. Обрастание морских судов и гидротехнических сооружений в Южном Вьетнаме. В *Биология прибрежных вод Вьетнама. Гидробиологические исследования литорали и сублиторали Южного Вьетнама*, 137-158. Владивосток: ДВО АН СССР.
- Зевина, Г.Б. 1961. "Обрастание гидротехнических сооружений на Каспийском море." *Труды Института океанологии АН СССР* 49:65-96.

- Зернов, С.А. 1913. *К вопросу об изучении жизни Черного моря*. Санкт-Петербург: Тип. Имп. АН.
- Калугина-Гутник, А.А. 1975. *Фитобентос Черного моря*. Киев: Наукова думка.
- Карпинский, М.Г. 2009. "Об особенностях вселения морских видов в Каспий." *Российский журнал биологических инвазий* 2:2-7.
- Лосовская, Г.В. 1969. Об изменениях донной фауны Сухого лимана после соединения его с морем. В *Биологические проблемы океанографии южных морей*, 56-59. Киев: Наукова думка.
- Матишов, Г.Г., Ю.А. Жданов, и Н.В. Лебедева, ред. 2002. *Экосистемные исследования Азовского моря и побережья*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН.
- Миловидова, Н.Ю., и И.М. Цымбал. 1984. "Фитообрастания гидротехнических сооружений в портовых акваториях некоторых черноморских бухт." *Экология моря* 17:76-79.
- Миничева, Г.Г. и др. 2011. "Закономерности формирования фитообрастания от ориентации подводных поверхностей." *Морской экологический журнал* 4:56-66.
- Михайлов, С.Р. 1980. Обрастание судов в прибрежных и открытых океанических водах. В *Экология обрастания в северо-западной части Тихого океана*, 38-49. Владивосток.
- Михайлов, С.Р., и И.А. Кашин. 1981. Обрастание пирсов и затонувших судов в бухтах Рассвет и Нагаева Тауйской губы Охотского моря. В *Организмы обрастания дальневосточных морей*, 3-15. Владивосток: ДВНЦ АН СССР.
- Мощенко, А.В. 2006. *Роль микромасштабной турбулентности в распределении и изменчивости бентосных животных*. Владивосток: Дальнаука.
- Муравьева, И.П. 1994. "Макрофитообрастания на искусственных подводных сооружениях в акватории Севастополя." Тезисы докладов I съезда гидроэкологического товарищества Украины, Київ, Листопад.
- Никитин, В., и Н. Тарасов, ред. 1957. *Морское обрастание и борьба с ним*. Москва: Военное издательство Минобороны СССР.
- Никитин, В.Н. 1947. "Биология обрастания судов в Черном море." *Доклады АН СССР* 58(6):1183-1185.
- Николаев, И.И. 1979. Последствия непредвиденного антропогенного расселения водной фауны и флоры. В *Экологическое прогнозирование*, 76-93. Москва: Наука.
- Орлова, М.И. 2000. Каспийский бассейн как регион-донор и регион-реципиент биоинвазий водных беспозвоночных. В *Виды-вселенцы в европейских морях России*, 58-75. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН.
- Протасов, А.А. 2011. *Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии*. Киев: Академперіодика.
- Раилкин, А.И. 2008. *Колонизация твердых тел бентосными организмами*. Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета.
- Резниченко, О.Г. 1978. Значение субстратов и ценозов обрастания в жизни прибрежных и океанических вод галосферы. В *Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов*, 14-16. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение.
- Рубцова, С.И., и С.В. Алемов. 2011. "Влияние дноочистительных работ на экологическое состояние портовых акваторий." *Морской экологический журнал* 10(2):81-87.
- Сальський, В.О. 1962. "До вивчення обростання затонулих суден з допомогою водолазної техніки." *Наукові записки Одеської біологічної станції* 4:66-71.
- Свирская, М.А., и Е.П. Мельничук. 1973. "Предварительные данные о составе обрастания в некоторых портах Черного моря." Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов, Севастополь, Октябрь.
- Селифонова, Ж.П. 2010. *Контроль судовых балластных вод как метод предотвращения биологического загрязнения морской среды*. Апатиты: Издательство КНЦ РАН.
- Селифонова, Ж.П. 2012. *Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссійска и Туапсе*. Санкт-Петербург: Наука.
- Союзов, А.А., и С.И. Христенко. 1975. "Проблемы охраны вод Мирового океана от загрязнения при морских нефтеперевозках." *Проблемы экономики моря* 4:26-32.
- Степаньян, О.В. 2008. "Водоросли-обрастатели портовых сооружений Азовского и Черного морей." Материалы международной научно-практической конференции «Перифитон и обрастание: теория и практика», Санкт-Петербург, Октябрь.
- Татаринцева, Т.А. и др. 2000. Средиземноморские вселенцы в планктоне и донной фауне Каспийского моря. В *Виды-вселенцы в европейских морях России*, 169-183. Апатиты: Издательство КНЦ РАН.
- Шиганова, Т.А. 2009. "Чужеродные виды в экосистемах южных внутренних морей." Дис. д-ра биол. наук, Московский государственный университет.
- Carlton, J.T., and J. Geller. 1993. "Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms." *Science* 261(5117):78-82.
- Dumont, H., T.A. Shiganova, and U. Niermann. 2004. *Aquatic invasions in the Black, Caspian and Mediterranean Seas*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Leprakovski, E. et al. 2002. *Invasive aquatic of Europe. Distribution impact and management*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Vinogradov, A.K., Yu.I. Bogatova, and I.A. Syneub. 2018. *Ecology of Marine Ports of the Black and Azov Sea Basin*. Springer International Publishing AG.

РОЛЬ ПОРТІВ І СУДНОПЛАВСТВА У ТРАНСФОРМАЦІЇ МОРСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

Виноградов О.К., д.б.н., с.н.с., пров.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»

Богатова Ю.І., к.г.н., с.н.с., пров.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України», bogatovayu@gmail.com

Синегуб І.А., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»

Всі морські порти (МП) є специфічними екосистемами, що поєднують у собі у різних поєднаннях природні і штучні компоненти. У них виділяються більш-менш автономні підсистеми: пелагіалі, перифіталі, бенталі. Пелагіаль об'єднує підсистеми в єдину екосистему того чи іншого порту. Незважаючи на індивідуальні відмінності МП, вони будуються і функціонують в умовах ослаблених гідродинаміки і водообміну. Завдяки штучному збільшенню глибин в МП виникає можливість для вертикальної стратифікації водних мас і формування стійкого пікнокліну.

Введення в екосистему МП великої кількості стаціонарного (гідротехнічні споруди) і тимчасового, рухомого (корпуси суден, різного роду сміття) твердого субстрату сприяє зростанню біологічної продукції. Внаслідок оголожі і зниженої загальної гідродинаміки в акваторіях МП відбувається накопичення різного роду суспензій, органічних речовин, біогенних елементів. Бічні поверхні гідротехнічних споруд в МП виконують функції штучних рифів і багато в чому нагадують поставлене вертикально дно.

В екосистемах МП простежується зв'язок між найважливішими біотопами і різними типами рухів води. Час від часу відбувається підйом сірководню в огорожених акваторіях МП, що значно зменшує обсяг води, який придатний для виживання планктерів, нектонних організмів і організмів перифітона.

Найбільше на зміну місцевих морських біот впливають – екосистеми МП, будівництво та експлуатація суднових ходів, що з'єднують різні водойми, перенесення гідробіонтів судами на зовнішніх поверхнях і в баластних танках. Завдяки наявності великої кількості штучного твердого субстрату МП виявляються притулком для багатьох місцевих видів і джерелом личиночного матеріалу для прилеглих акваторій. У МП відбувається обмін видів між обростанням корпусів суден і гідротехнічних споруд. Багато видів-вселенців закріплюються передусім в акваторіях МП і в сусідніх екосистемах.

Ключові слова: порти, судно, судноплавні шляхи, види-вселенці, трансформація екосистем.

ROLE OF PORTS AND SHIPPING IN THE TRANSFORMATION OF MARINE ECOSYSTEMS

Vinogradov A.K., Dr. Sc., Senior Scientist

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine

Bogatova Yu.I., PhD, Senior Scientist

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, bogatovayu@gmail.com

Synogub I.A., Senior Scientist

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine

All marine ports (MP) are specific ecosystems, comprising diverse combinations of natural and artificial components. Three more or less autonomous subsystems are distinguished in MPs: pelagial, periphytal and benthal, with the pelagial uniting them into a single port ecosystem. In spite of the individual differences among MPs, all of them are constructed and function in conditions of reduced hydrodynamics and water exchange. Furthermore, owing to the artificial increase in depths, the possibility for vertical stratification of water masses and stable pycnocline formation appear in MPs.

In MPs ecosystems, the presence of numerous permanent (hydretechnical structures) and temporary, mobile (ships' hulls, various garbage) hard substrata increases biological production. Various types of suspend material, organic matter and biogenic elements accumulate in MPs aquatories because of the reduced general hydrodynamics. In MPs the lateral surfaces of hydrotechnical structures function as artificial reefs and resemble, in many respects, a vertically placed bottom.

In MPs ecosystems is observed the connection between the main biotopes and different types of water masses movement. From time to time, the rise up of hydrogen sulphide in enclosed MPs aquatories significantly reduces the water volume suitable for the survival of plankton, nekton and periphyton.

Marine ports ecosystems, construction and exploitation of shipping ways connecting various basins and transfer of hydrobionts on ships' external parts and in ballast tanks have the most influence on the variability of the local marine biota. Owing to the presence of numerous artificial hard substrata, marine ports provide shelter for numerous native species and are a source of larvae for adjacent aquatories. The exchange of species between fouling of ships' hulls and hydrotechnical structures takes place in marine ports. Many alien species initially settle in aquatories of marine ports and in neighbouring ecosystems.

Key words: ports, ships, shipping ways, alien species, ecosystems transformation.