



УДК 656.052:06.011+574.5

Б. Г. Александров, докт. биол. наук, руководитель

Одесский филиал Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского
Национальной академии наук Украины, Одесса

ПРОБЛЕМА ПЕРЕНОСА ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ СУДАМИ И НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА НОВЫХ ИНВАЗИЙ

Сделан обзор проблемы переселения водных организмов в Мировом океане с балластными водами судов. Представлены предварительные результаты базовых биологических исследований в акватории Одесского порта в рамках Международной программы (ИМО/GEF/UNDP) «ГлоБалласт» по выявлению экзотических видов. Анализируется метод оценки риска инвазий с балластными водами судов в портовые акватории. Обосновываются некоторые рекомендации по его совершенствованию. Обсуждаются некоторые подходы к прогнозированию видового состава вероятных вселенцев на примере экосистемы северо-западной части Черного моря.

Ключевые слова: балластные воды, инвазия, вселенцы, экосистема, Черное море, оценка риска

Под понятием «инвазия» подразумевается включение в экосистему новых для нее видов [3]. Существует множество путей переселения (естественной и антропогенной природы) организмов в экосистемы, где ранее они никогда не регистрировались. Несмотря на то, что биологические аспекты этой проблемы для водных организмов изучаются специалистами вот уже более 100 лет, наиболее острая необходимость в контроле и предупреждении данного явления возникла недавно.

Основными источниками антропогенных инвазий являются строительство водных каналов, марикультура и аквариумистика, а также различные аспекты судоходства, в том числе перевозка организмов в составе сообщества обрастания корпусов судов и с водяным балластом. Открытие Суэцкого канала в 1869 г. способствовало проникновению в Средиземное море из Красного множества организмов, из которых к настоящему времени только среди рыб зарегистрировано 36 видов

[16]. Среди объектов марикультуры видов-вселенцев, прежде всего, следует отметить рыб. Например, в Черном море были сделаны попытки акклиматизировать 12 новых видов, из которых лишь пять были успешно натурализованы [21, 34]. Наиболее ярким примером негативных последствий инвазии, как следствия аквариумного разведения организмов, является вселение в Средиземное море из аквариума Океанографического музея в Монако тропической водоросли *Caulerpa taxifolia* [26]. Эта водоросль стала вытеснять нативный вид морской травы *Posidona oceanica* со всем комплексом характерного сообщества, включающего беспозвоночных и рыб [19]. Однако биологические инвазии с водным транспортом по своим масштабам несопоставимы со всеми остальными источниками.

Анализ специальной литературы показал, что за последние 200 лет в различных районах Мирового океана зарегистрировано значительное число видов-вселенцев, успешно

адаптировавшихся к новым условиям существования. Общее число обнаруженных экзотических видов, как правило, пропорционально величине исследуемых акваторий и интенсивности судоходства, определяемой числом портов и транспортных торговых путей (табл. 1).

Таблица 1. Общее число видов-вселенцев, обнаруженных в различных районах Мирового океана за последние 200 лет

Table 1. Total number of species-invasers found in the different regions of the World Ocean during last 200 years

Район	Число видов	Источник
Побережье Сев. Америки	298	[30]
Средиземное море	240	[29]
Побережье Австралии	210	[23]
Черное море	142	[2,5,6,10,13]
Балтийское море	98	[27]
Северное море	80	[18]

Если до середины XX века основным посредником проникновения водных организмов в новые экосистемы было обрастание подводной части судов, то впоследствии в связи с широким внедрением противообрастающих покрытий, а также развитием танкерного и балкерного флота им стал водяной балласт судов [15, 29]. По данным Международной морской организации (ИМО), 80 % грузов, ежегодно перевозимых во всем мире, осуществляется с использованием судов. В составе мирового флота насчитывается около 85000 судов, ежегодно перевозящих от 3 до 10 млрд. т водяного балласта. При этом в балластных танках судов зарегистрировано более 3000 видов водорослей, беспозвоночных и рыб. Основными факторами переселения организмов в Мировом океане являются судоходство (51 % зарегистрированных случаев инвазий), рыболовство (15 %), судоходство и рыболовство (22 %) [24]. Процесс интродукции чужеродных видов с балластными водами судов принял глобальный характер и, в силу своей непредсказуемости, даже получил красноречивое название «экологической рулетки» [17].

Не всякое вселение экзотических организмов завершается ощутимыми экологическими последствиями и экономическими потрясениями. Однако, по мере интенсификации инвазий с развитием водного транспорта такие случаи стали повторяться все чаще, а масштабы их последствий возрастать все больше. Вселение североамериканского гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Черное море в начале 1980-х годов вызвало экономические потери из-за снижения запасов хамсы, оцениваемые в 240 млн. долларов в год [34]. Моллюск *Dreissena polymorpha*, вселившись из Днепро-Бугского лимана в Великие Озера в начале 1990-х годов, в результате обрастания водоводов охладительных систем промышленных предприятий и силовых станций, привел к экономическим потерям США в размере до 500 млн. долларов в год [31].

В 1993 г. на 34-й сессии Комитета по защите морской среды ИМО Австралия представила результаты оценки последствий переселения чужеродных организмов с водяным балластом. В частности, были приведены доказательства того, что вся отрасль марикультуры Новой Зеландии, занимающаяся разведением моллюсков и ракообразных, была закрыта для внутреннего и внешнего рынков ввиду «цветения» воды, вызванного массовым развитием интродуцированных токсичных видов водорослей [24]. Экономические потери, связанные с перевозкой вселенцев, в мировом масштабе оцениваются в более чем 10 млрд. долларов в год.

После экономических оценок последствий биологических инвазий данная информация была принята к действию целым рядом международных организаций, в том числе ИМО, Международной океанографической комиссией (International Oceanographic Commission - IOC), Международным Советом по изучению морей (International Council for Exploration of the Sea - ICES) и др. Были учреждены специальные научные общества по изучению биологических инвазий, например, Австралий-

ский Центр по изучению морских биологических вторжений (CRIMP), Ассоциация балтийских морских биологов, Всемирный центр инвазий при Смитсоновском университете США. Создан международный ежемесячный научный журнал «Biological Invasions» (Kluwer Acad. Publ.). Появились соответствующие законодательные акты: резолюция А.774(18) «О руководстве по предотвращению внесения нежелательных водных и патогенных организмов в результате сброса с судов водяного балласта и осадков», принятая в ноябре 1993 г. на Ассамблее ИМО; исполнительная директива № 13112 «О видах вселенцах» президента Клинтона за 1999 г.

В 1999 г. при содействии ИМО, Глобального экологического фонда (GEF) и Программы развития ООН (UNDP) была учреждена Международная научно-практическая программа «Снятие барьеров на пути эффективной реализации мер по контролю водяного балласта судов и управлению им в развивающихся странах» (Программа «ГлоБалласт»). Главная цель программы состояла в организации демонстрационных центров для отработки вариантов правовых, организационных, технических и технологических аспектов решения проблемы предупреждения биологических инвазий с водным транспортом. Для создания центров было отобрано и утверждено шесть стран с соответствующими портами: Бразилия (Сепетиба), Индия (Мумбай), Иран (о-в Харк), Китай (Далянь), Украина (Одесса) и Южно-Африканская Республика (Салдьян).

Ключевым направлением работы демонстрационных центров стало проведение базовых биологических исследований на акватории выделенных портов. Их цель – установить реальность вторжения чужеродных организмов с балластными водами судов и получить необходимую исходную информацию для оценки риска последующих инвазий (а именно: состав и происхождение видов-вселенцев порта, основные вектора вселения).

Выбор Украины был осуществлен ИМО не случайно. Были приняты во внимание такие факторы, как наличие крупных портов, где сбрасывается много балласта, широкое представительство заинтересованных во внедрении результатов органов и организаций, научный потенциал в области судоходства, биологии моря и эпидемиологии.

Современные данные лоцманской службы в Босфоре свидетельствуют о существенной активизации перемещений судов в Черное море. За 1995 – 2000 гг. общее число судов, проходящих Босфор, достигло 47 – 51 тыс. в год, в том числе 2 – 7 тыс. длиной более 200 м. В соответствии с официальной статистикой, 57 % общего числа грузоперевозок осуществляется судами черноморских стран, из которых 11 % принадлежит Украине [25]. Однако настоящий риск вселения экзотических видов может быть оценен только на основе учета полного объема перевозимых балластных вод. По статистике, в 2001 г. только в портах Украины было сброшено более 11 млн. т балластных вод. При этом не может остаться без внимания высокая скорость увеличения объемов транспортируемого балласта, которая теснейшим образом связана с общим тоннажем перевозимого груза, увеличившегося более чем в два раза по сравнению с 1997 г. и достигшего в 2002 г. 31.2 млн. т (рис. 1).

В настоящее время Одесский порт является одним из наиболее крупных не только в Украине, но и на всем Черном море. Об этом свидетельствует увеличение объема его грузооборота за период 1997 – 2001 гг. с 14.4 до 19 млн. т [9]. За последние годы общее число судов, прибывающих в Одесский порт, достигло тысячи, из которых более 80 % – иностранные корабли, что составляет 4 – 5 % от общего числа судов, ежегодно заходящих в Черное море. За это же время объем балластных вод, сброшенных в акваторию порта, возрос с 4.4 до 5.5 млн. т.

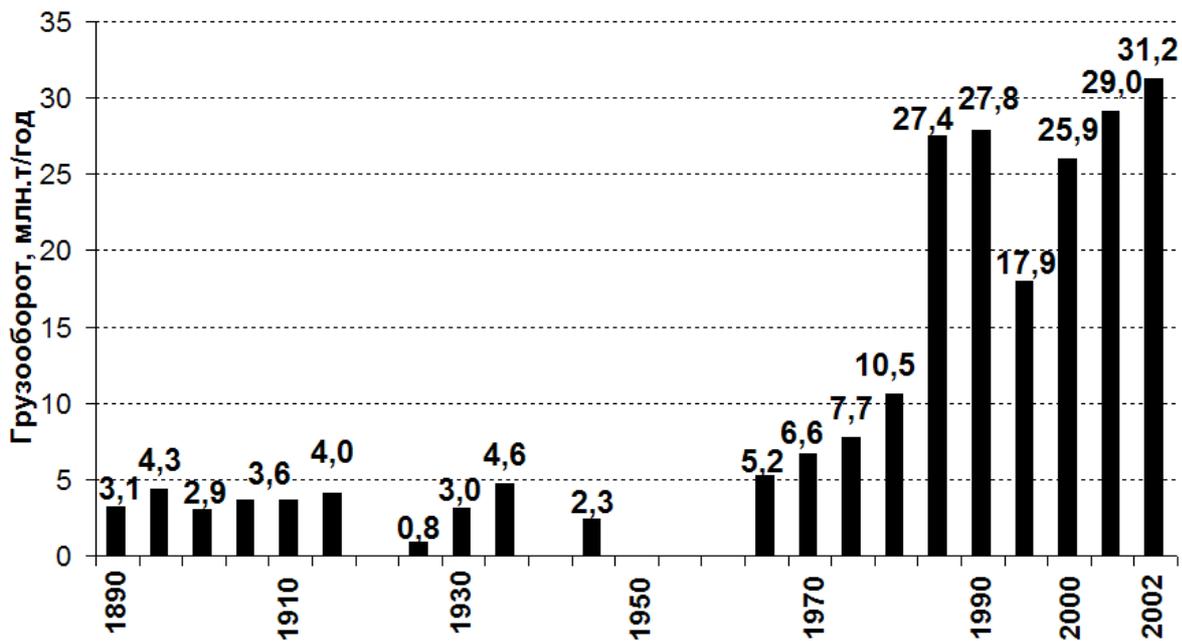


Рис. 1. Динамика грузооборота Одесского порта
Fig. 1. Dynamics of turnover of goods in Odessa port

Материал и методы. В соответствии с Программой «Глобалласт», первое базовое биологическое исследование в порту Одесса было осуществлено с борта водолазного бота «Спрут» с 30 августа по 6 декабря 2001 г.

Комплексные биологические исследования проводились с помощью унифицированных методов (так называемый CRIMP-Протокол), разработанных Австралийским Центром по изучению морских биологических вторжений. CRIMP-Протокол был разработан в 1996 г., в последующие годы тщательно проверен в 34 портах Австралии и в 2001 г. пересмотрен и опубликован [23]. Применение стандартизованных методов позволило получить сопоставимые результаты при проведении биологического мониторинга организмов-вселенцев в демонстрационных центрах.

Объектами исследований биологической структуры водной экосистемы порта были определены высшие морские грибы, одноклеточные (фитопланктон) и многоклеточные (макрофитобентос) водоросли, зоо- и икhtiопланктон, мейо- и макрозообентос. Исследо-

ванные биотопы включали водную толщу, твердые поверхности гидротехнических сооружений, мягкие грунты донных отложений порта. Все гидробиологические наблюдения осуществлялись с использованием стандартных методов исследований. Принимая во внимание важность изучения биоценоза обрастания, как наиболее вероятного места обнаружения чужеродных организмов, при проведении базовых биологических исследований, в соответствии с CRIMP-Протоколом, отбор проб осуществлялся рамкой количественного учета квадратной формы со стороной 33 см, в трех повторностях. Кроме того, были проведены количественные исследования цист одноклеточных водорослей в донных отложениях порта [23]. Всего в период наблюдений на 50 станциях (рис. 2) было собрано 1088 биологических проб, в том числе: морских грибов – 315; фитопланктона, включая цисты в донных отложениях – 229; зоопланктона – 71; икhtiопланктона – 49; обрастания (мейо- и макро-) – 264; бентоса (мейо- и макро-) мягких грунтов – 160.

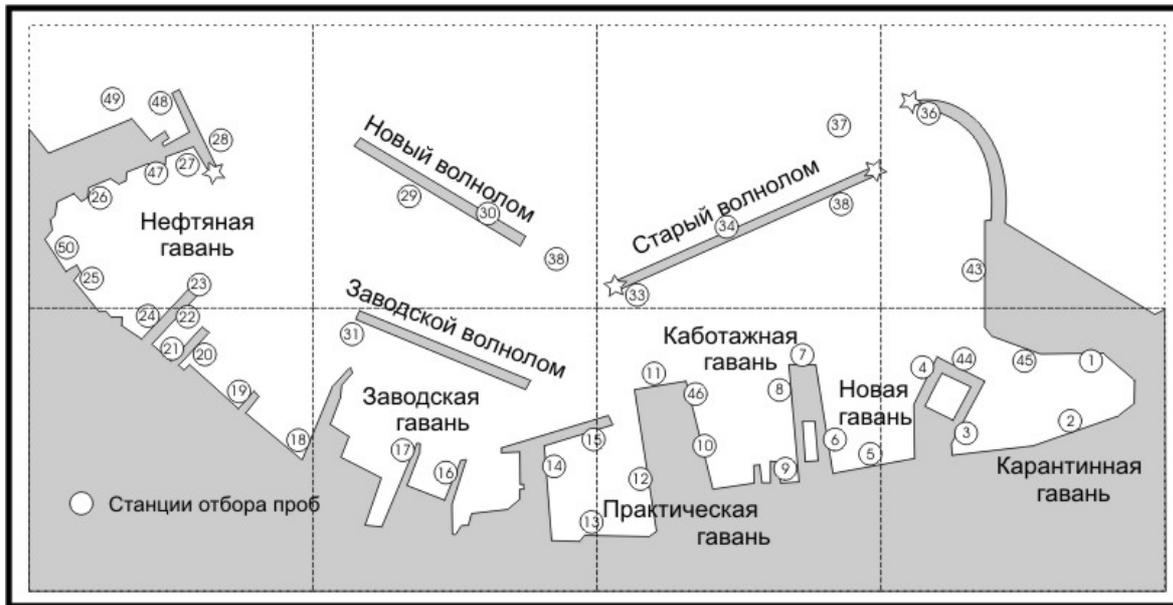


Рис. 2. Схема Одесского порта и расположение станций базовых биологических исследований
 Fig. 2. Stations of basic biological investigations in Odessa port

Результаты и обсуждение. За период исследований в Одесском порту было обнаружено 548 видов гидробионтов, что составляет 15 % видового состава водорослей, беспозвоночных и рыб, зарегистрированного в северо-западной части Черного моря [14]. Среди обитателей водной толщи, обрастания твердых субстратов и рыхлых грунтов порта выявлено 29 экзотических видов, составляющих 64 % от общего числа вселенцев, когда-либо зарегистрированных на северо-западном шельфе. Такая пропорция видового разнообразия нативных и инвазивных организмов наглядно подтверждает значение портов в расселении гидробионтов, перевозимых с судовым балластом.

Большая часть обнаруженных вселенцев (19 видов) впервые указываются для порта и прилежащих районов Одесского залива, 15 из них являются новыми для Черного моря. Среди новых видов 8 относятся к динофитовым водорослям (Pyrrophyta). Часть из них была обнаружена в донных отложениях в инцистированном состоянии (табл. 2) и затем успешно пророщена в лабораторных условиях на черноморской воде. Среди необычных находок следует

отметить обнаружение гибридов черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* с *M. edulis* и тихоокеанской *M. trossulus*, выявленных на основе проведенного множественного морфометрического анализа по 18 характеристикам [28]. Особый охранный режим способствовал ограничению либо полному отсутствию антропогенного изъятия мидий из состава обрастания гидротехнических сооружений. В результате, средняя биомасса обрастания на глубине 3 м составила $30 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$, что более чем 3.4 раза выше, чем в смежных акваториях городских пляжей [1]. До 75 % биомассы в обрастании портовых сооружений приходится на мидию (около $16 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$). При этом 12 % всех мидий представляют собой гибриды.

Из донных отложений порта выделены цисты 35 видов одноклеточных водорослей, 5 из которых относятся к категории потенциально токсичных. Поскольку содержание биогенных веществ в донных отложениях на порядок выше, чем за пределами порта, то существует реальный риск биогенной стимуляции прорастания цист экзотических водорослей, часть из которых, возможно, токсичны.

Таблица 2. Происхождение экзотических видов Одесского порта
Table 2. Origin of exotic species from Odessa port

Группа	Виды	Происхождение
Виды, отмечавшиеся ранее		
PHAEOPHYTA	<i>Desmarestia viridis</i>	Северная Атлантика
STENOPHORA	<i>Mnemiopsis leydyi</i>	Северная Атлантика
STENOPHORA	<i>Beroe ovata</i>	Северная Атлантика
POLYCHAETA	<i>Polydora ciliata limicola</i>	Западная Пацифика
OLIGOCHAETA	<i>Tubificoides benedii</i>	Северная Атлантика
CIRRIPEDIA	<i>Balanus improvisus</i>	Северная Атлантика
DECAPODA	<i>Rhithropanopeus harrisi tridentate</i>	Северная Атлантика
NUDIBRANCHIA	<i>Doridella obscura</i>	Северная Атлантика
BIVALVIA	<i>Mya arenaria</i>	Северная Атлантика
PISCES	<i>Mugil soiyu</i>	Западная Пацифика
Виды, новые для Одесского залива и Черного моря		
ASCOMYCOTA	<i>Savoryella lignicola</i>	Юго-Восточная Азия
ASCOMYCOTA	<i>Cirrenalia basiminuta</i>	Индо-Пацифика
BACILLARIOPHYTA	<i>Thalassiotrix mediterraneae</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
PYRROPHYTA	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
PYRROPHYTA	<i>Alexandrium acatenella*</i>	Западная Пацифика
PYRROPHYTA	<i>Alexandrium affine*</i>	Юго-Восточная Азия
PYRROPHYTA	<i>Alexandrium tamarense*</i>	Космополит
PYRROPHYTA	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	Космополит
PYRROPHYTA	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
PYRROPHYTA	<i>Gyrodinium cf. aureolum</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
PYRROPHYTA	<i>Spatulodinium pseudonociluca</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
CHLOROPHYTA	<i>Pyramimonas longicauda</i>	Западная Пацифика
POLYCHAETA	<i>Mercierella enigmatica</i>	Индо-Пацифика
CIRRIPEDIA	<i>Balanus eburneus</i>	Северная Атлантика
CIRRIPEDIA	<i>Balanus amphitrite</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
NUDIBRANCHIA	<i>Ercolania funerea</i>	Северная Атлантика
BIVALVIA	<i>Anadara inaequalis</i>	Индо-Пацифика
BIVALVIA	<i>Mytilus edulis</i>	Восточная Атлантика - Средиземноморье
BIVALVIA	<i>Mytilus trossulus</i>	Западная Пацифика

* виды водорослей, цисты которых были обнаружены в донных отложениях порта и проросли в лабораторных условиях на черноморской воде; жирным шрифтом выделены организмы, впервые обнаруженные в Черном море

Изучение перемещения организмов между различными экосистемами чрезвычайно важно как с теоретической, так и с практической точки зрения. В частности, оно позволяет принять соответствующее решение относительно места и времени замены балласта в судовых танках для минимизации потенциально-го принятия либо передачи экзотических видов. Практически все случайно завезенные организмы являются типичными обитателями прибрежных вод, а не открытых районов океана. В этой связи замена балласта на мелководье, с точки зрения возможного захвата орга-

низмов, гораздо более опасна и нежелательна, по сравнению с глубоководными районами морей и океанов.

Антропогенное перемещение экзотических видов в экосистему Черного моря произошло практически из всех районов Мирового океана [34]. Поэтому особый интерес для решения проблемы антропогенного перемещения видов представляет анализ вклада различных географических районов Мирового океана как доноров видов водорослей, беспозвоночных и рыб, случайно завезенных в Черное море.

Проведенные в Одесском порту исследования позволили показать специфику вселения в эти воды экзотических видов. С одной стороны она определяется особенностями водной среды. В частности, средние годовые значения солености и температуры воды у берегов Одессы составляют 15.05 ‰ и 11.2⁰С, в то время как эти показатели, например, для северо-восточной части Черного моря составляют соответственно 19.5 ‰ и 16.0⁰С. С другой стороны, видовой состав обнаруженных экзотических видов связан со спецификой транзита су-

дов, заходящих в порт и сбрасывающих здесь балластные воды.

За последние два года, по свидетельству диспетчерской службы, общее количество заходов судов в Одесский порт возросло с 315 в 2000 г. до 328 – в 2001. Объем балластных вод, сброшенных в акваторию порта за это же время, возрос с 4432320 до 5451751 т. При этом основным географическим источником поступления балластных вод в Одесский порт является Средиземное море (рис. 3).

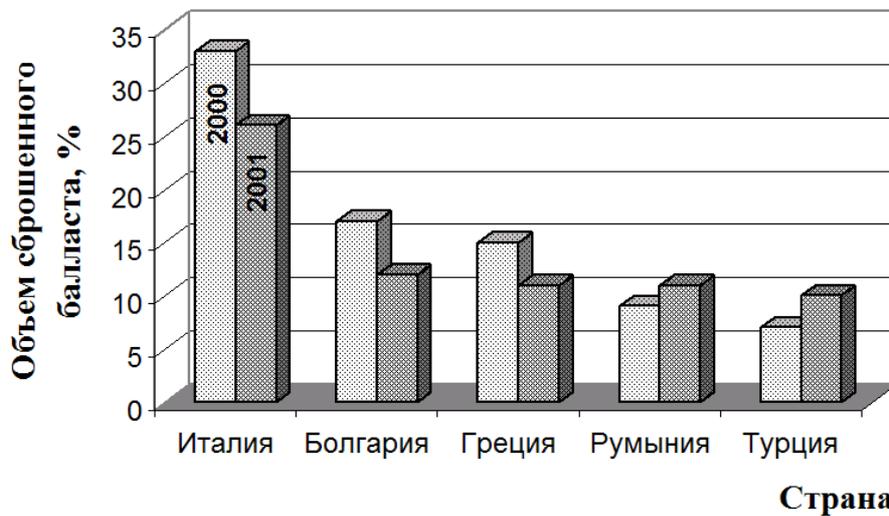


Рис. 3. Происхождение водяного балласта судов, сброшенного в порту Одессы в 2000 и 2001 гг. (% от полного, сброшенного за год, объема)
Fig. 3. Origin of water ballast downcast in Odessa port in 2000 and 2001 (percentage from a total year volume)

Анализ происхождения новых вселенцев также показал их связь со Средиземным морем (рис. 4). Таким образом, риск завоза чужеродных организмов с балластными водами пропорционален их объемному вкладу. Можно

предположить, что большая часть обнаруженных экзотических видов была завезена в последние годы из Адриатического моря, побережья Италии (см. рис. 4).

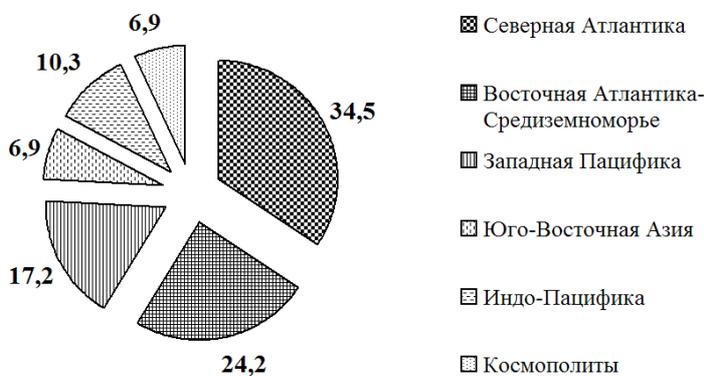


Рис. 4. Вклад экзотических видов (% от их общего числа) различного происхождения, обнаруженных в акватории Одесского порта во время базовых исследований (август - декабрь 2001 г.)
Fig. 4. Contribution of exotic species (percentage from their total number) of different origin found in Odessa port during basic investigations (August – December 2001)

Полученные в ходе базовых биологических исследований данные свидетельствуют о том, что наиболее опасным для Черного моря вектором проникновения новых видов гидробионтов с водным транспортом является Северная и Восточная Атлантика, включая Средиземное море.

Оценка риска биологических инвазий с балластными водами – один из основных компонентов Программы «ГлоБалласт». По мере накопления информации об антропогенных перемещениях организмов, ряд специалистов задались целью прогнозных оценок новых биологических инвазий. В этих случаях выведенные аллометрические зависимости связывали общее число зарегистрированных экзоти-

ческих видов за известные промежутки времени. Такие формулы были выведены для североамериканского побережья [30] и Черного моря [20]. Однако непригодность таких расчетов для прогнозных оценок была, прежде всего, связана с субъективностью исходной информации, связанной с тщательностью и полнотой проведенных исследований. По мере роста научного интереса к проблеме переселения гидробионтов, а также с увеличением числа систематиков различных таксономических групп организмов, растет и объем информации. В частности только за последнее десятилетие список видов-вселенцев Черного моря вырос примерно в 6 раз (табл. 3).

Год анализа	Группы организмов							Источник
	МГ	ПВ	МФ	БП	Р	М	всего	
1995			1	15	10		26	[33]
1999		3	2	29	5		39	[12]
2000		7	3	30	13	5	58	[34]
2001		7	4	40	9	5	65	[21]
2002	2	29	38	53	15	5	142	[2, 5, 6, 10, 13]

Обозначения: МГ – морские грибы, ПВ – планктонные водоросли, МФ – макрофиты, БП – беспозвоночные; Р – рыбы; М – млекопитающие

Таблица 3. Изменение представлений о числе видов-вселенцев, зарегистрированных в Черном море

Table 3. Number of species-invasers registered in the Black Sea in different years

Современные подходы к прогнозированию биологических инвазий связаны, прежде всего, с определением основных векторов перемещения организмов. В этом случае оценка риска сводится к расчету вероятности попадания экзотических видов в акваторию при замене судового балласта. Поскольку в настоящее время технические решения проблемы стерилизации балластных вод находятся в стадии разработки и апробации, практически единственным способом снизить вероятность завоза вселенцев является замена балласта в установленных районах Мирового океана. Выбор районов и элементарные правила замены балласта основаны на общих закономерностях распределения организмов в Мировом океане. Несмотря на существование рекомендованных районов замены балласта, чаще всего ее производят непосредственно в акватории порта. В

частности, в Одесском порту за последние два года общий объем сброшенного водяного балласта составил 4 – 5 млн. м³, что составляет около 15 % объема акватории порта. Данное обстоятельство объясняет большое число вселенцев (15 видов), никогда ранее не встречавшихся в Черном море, обнаруженных во время исследований по программе «ГлоБалласт». В этой связи предполагается, что оценка риска биологических инвазий позволит регулировать сброс балласта в акватории порта. При этом судам с «низким риском» может быть разрешен сброс балласта непосредственно в порту, а с «высоким» – только в рекомендованных районах либо на станции очистки балластных вод (возможно, в будущем такие станции будут специально созданы не только для сбора нефтепродуктов). Расчет вероятности завоза вредных и нежелательных организмов, иначе

«оценка риска», разработана и успешно применяется в Австралии [22].

Вычисление риска вселения организмов с балластными водами, рекомендованная австралийскими специалистами для внедрения демонстрационными центрами программы «ГлоБалласт» [11], фактически представляет собой вычисление среднего арифметического 4-х базовых коэффициентов. Первые два коэффициента отражают географию (происхождение) водяного балласта: объем балластных вод и частоту их завоза от конкретного порта (направления). Третий коэффициент показывает степень сходства среды порта «донора» (балластных вод) и порта «реципиента» (порт сброса балласта). Наконец, четвертый коэффициент отражает биологическую опасность перевозимого балласта и содержит интегрированные данные по общему количеству вселенцев и числу теоретически опасных для вселения видов. Разработанная программа вместе с соответствующей базой регулярно обновляемых данных [11] позволяет портовому инспектору в считанные минуты определить риск возможного вселения новых видов с балластной водой на основании введенной информации из судового журнала по операциям с водяным балластом (где и в каких объемах производилась его смена).

Вместе с тем данная расчетная методология, несмотря на ее прогрессивность, пока остается несовершенной по ряду причин.

Во-первых, отсутствует полная информация о видовом составе организмов портовых акваторий. Для многих портов такая информация либо вовсе отсутствует, либо имеется частично. В этой связи при расчете вероятного риска часто возникает ситуация, когда порт с неизученным биологическим разнообразием, с точки зрения возможных инвазий, представляет минимальную опасность и наоборот.

Во-вторых, недостаточно обоснована весовая доля каждого из расчетных коэффициентов. В настоящее время при отсутствии полной биологической информации оценка риска

отражает лишь вектора завоза балластных вод, а не их реальную биологическую опасность.

В-третьих, оценка риска основана на изначально сомнительной информации по операциям с судовым балластом, выписываемой инспектором из судового журнала.

Существенной возможностью дальнейшего совершенствования описанного способа оценки риска является разработка методологии определения вероятного перечня видов-вселенцев для конкретных экосистем. В этой связи представляется перспективным использовать определение функциональной активности организмов, например, их удельной продукции (P/B), соответствующей трофическому статусу изучаемой экосистемы. В частности, для северо-западной части Черного моря на основании предложенного подхода определено, что при сохранении нынешнего трофического статуса экосистемы наиболее вероятными вселенцами среди фитопланктона будут водоросли с величиной суточной P/B ≥ 2.4 , зоопланктона – P/B ≥ 1.2 , макрофитобентоса – P/B ≥ 0.012 . Поскольку многие виды макрозообентоса на ранних стадиях развития являются типичными планктонными организмами со значительно более высокой продукцией, чем у взрослых особей, установить для них подобную зависимость пока не удалось [14].

Трофический статус экосистемы выражает уровень первичной продукции. В этой связи простейший способ его определения – количественные показатели развития фитопланктона [8]. Более сложным методом его нахождения является определение индекса поверхности фитопланктона и макрофитобентоса, косвенно отражающего скорость фотосинтетической активности водной растительности [7]. Наконец, для оценки трофических условий морских прибрежных вод широкое практическое использование получил так называемый TRBIX-индекс, основанный на определении прозрачности воды по диску Секки, концентрации хлорофилла «а», насыщении воды кислородом, содержании в ней растворенных

минеральных форм азота и фосфора [32]. Таким образом, для прогнозных оценок видовой структуры новых вселенцев представляется перспективным изучить продукционные характеристики гидробионтов в воде различной трофности. На основе этих исследований вывести зависимости для определения минимального, или среднего уровня продуктивности организмов, которому должны соответствовать показатели функциональной активности видов-вселенцев, как правило, возглавляющих списки массовых обитателей, ранжированных по величине их удельной продукции [14].

Высокая вероятность вселения новых видов связана не только с утратой Черным морем «биологического иммунитета» вследствие эвтрофирования (снижение биологического разнообразия и, как следствие, появление экологических ниш, заполняемых вселенцами), но и его опресненностью. Наибольшим риском обмена новыми видами относительно Черного моря обладают районы Мирового океана с соленостью в пределах 2 – 20‰, т. е. районы аванделты рек и эстуарии. В этой связи одной из «горячих точек» (“hot spot”) Черного моря для интродукции экзотических видов являются приустьевые акватории и речные дельты. При вхождении судна из моря в реку оно неизбежно сбрасывает часть балластных вод для приобретения оптимальной плавучести в пресной воде. Следствием этого является большое количество экзотических видов, обнаруживаемых на границе «море-река». Самая крупная река Черного моря, определяющая около 36 % общего объема его пресноводного стока, – Дунай. За последние 20 лет в районе его дельты обнаружены, не считая одноклеточных водорослей, высшие водные растения *Azolla caroliniana* и *A. filiculoides*, гребневики *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata*, моллюски *Mya arenaria*, *Scapharca inaequalvis*, *Corbicula fluminalis* и *Synanodonta wudiana*, крабы *Rithropanopeus harrisi tridentatus* и *Eriocheir sinensis*, рыба *Mugil soiyu*. Еще большее количество вселенцев выявлено среди наземной

растительности. Интродуцированная флора только украинской части Дунайского Биосферного заповедника насчитывает 180 видов сосудистых растений [4].

Рекомендации. Для совершенствования системы по оценке риска вселений чужеродных организмов с балластными водами необходимо: **1.** Создать автоматизированную судовую систему по регистрации времени, места (координаты) и объема взятых либо сброшенных балластных вод, их температуры и солености. **2.** Обосновать корректные методы определения (оценки) риска вселения. **3.** Провести дальнейшее совершенствование прогнозных оценок видового состава вселенцев на основе методов определения их функциональной активности и трофического статуса экосистемы. **4.** Организовать специальный биологический мониторинг экзотических видов в экотонах река-море как наиболее вероятных районах их регистрации, в частности, акватории дельты Дуная, что связано также с усилением навигации по Дунаю и с организацией международного билатерального (Румыния – Украина) биосферного заповедника «Дельта Дуная».

Благодарности. Выражаю глубокую благодарность специалистам ОФ ИнБЮМ: к. г. н. Н. А. Берлинскому, Ю. И. Богатовой, к. г. н. В. Н. Большакову, к. б. н. С. Ф. Бушуеву, Е. Г. Воле, Г. П. Гаркавой, М. В. Гельмбольдт, д. б. н. В. Н. Золотареву, Н. И. Копытиной, к. б. н. И. И. Кулаковой, А. В. Куракину, А. С. Курилову, к. б. н. Г. В. Лосовской, д. б. н. Г. Г. Миничевой, к. б. н. Д. А. Нестеровой, к. б. н. Л. Н. Полищуку, И. А. Синегубу, Л. В. Теренько, к. б. н. Н. М. Шуровой, проявивших трудолюбие и высокий профессионализм в сборе и обработке материалов, определении видового состава гидробионтов и подготовке итогового отчета по проекту «ГлоБалласт». Искренне признателен акад. НАН Украины Ю. П. Зайцеву за ценные советы и замечания при постановке исследовательских задач и анализе полученного материала. Также выражаю благодарность руководителю реализации программы «ГлоБалласт» в Украине, начальнику информационно-аналитического центра безопасности судоходства при Укрморречфлоте В. Г. Работневу за содействие в выполнении описанных исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке IMO/GEF/UNDP программы «ГлоБалласт», а также Национальной академии наук Украины.

1. Александров Б. Г., Ходаков И. В. Изменение структуры и самоочистительной способности обрастания прибрежной зоны Черного моря в условиях антропогенного воздействия / Экологические проблемы Черного моря. – Одесса: ОЦНТИ, 1999. – С. 192 – 197.
2. Болтачев А. Р., Юрахно В. М. Новые свидетельства продолжающейся медитерранеизации ихтиофауны Черного моря // Вопросы ихтиологии. – 2002. – 42, № 6. – С. 744 – 750.
3. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. – К.: Гл. ред. МСЭ, 1990. – 408 с.
4. Дубина Д. В., Жмуд О. І. Адвентивна флора Дунайського біосферного заповідника // Укр. ботан. журн. – 2003. – 60, № 1. – С. 62 – 66.
5. Загородняя Ю. А., Колесникова Е. А. К проблеме проникновения чужеродных видов копепод в Черное море / Г. Г. Матишов (отв. ред.). Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны: тез. докл. междунар. конф. (Ростов-на-Дону, 16 – 19 июня 2003 г.). – 2003. – С. 80 – 82.
6. Мильчакова Н. А. О новых видах макрофитов Черного моря // Экология моря. – 2002. – 62. – С. 19 – 24.
7. Миничева Г. Г., Зотов А. Б., Косенко М. Н. Методические рекомендации по определению комплекса морфофункциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности. – НАН Украины, Одесский филиал Института биологии южных морей. – Проект ГЭФ, ПРООН «Восстановление экосистемы Черного моря». – Препринт. – Одесса, 2003. – 37 с.
8. Оксюк О. П., Давыдов О. А., Меленчук Г. В. Количественные и продукционные показатели фитопланктона как характеристики состояния водных экосистем // Альгология. – 1994. – 4, № 3. – С. 39 – 47.
9. Савусин В. П. Балластные воды как источник распространения морского загрязнения / Захист довкілля від антропогенного навантаження. – Харків-Кременчук: РА “Експерт”. – 2002. – 6, № 8. – С. 57 – 67.
10. Сеничева М.И. Новые и редкие для Черного моря виды диатомовых и динофитовых водорослей // Экология моря. – 2002. – 62. – С. 25 – 29.
11. Хиллиард Р., Кларк К., Александров Б. и др. Оценка риска загрязнения судовым водяным балластом: основные результаты работы по оценке риска в порту Одесса / Баштанний Р., Лиманчук С., Работнев В. 6-е заседание Национальной оперативной группы Украины (Одесса, 5 – 6 декабря 2002 г.): Отчет о заседании. – Серия монографий Одесского демонстрационного центра программы ГлоБалласт. – 2003. – 2, 3. – Одесса, Украина. – С. 19 – 26.
12. Шадрин Н. В. Виды-вселенцы в Азовском и Черном морях: причины и последствия / Г. Г. Матишов, В. В. Денисов, А. Д. Чинарина, В. С. Зензеров, Е. Г. Берестовский (ред.). Виды-вселенцы в европейских морях России. – Апатиты, 2000. – С. 76 – 90.
13. Alexandrov B. G. The GloBallast experience with invasive aquatic species surveys and monitoring: the Ukrainian experience / 1st International Workshop on Guidelines & Standards for Invasive Aquatic Species, Surveys & Monitoring (Arraial do Cabo, Brazil, 13 – 17 April 2003). – Arraial do Cabo, Brazil. – 2004. – 12 p. (в печ.).
14. Alexandrov B. G., Zaitsev Yu. P. Black Sea biodiversity in eutrophication conditions / Kotlyakov V., Uppenbrink M., Metreveli V. (eds.). Conservation of the Biological Diversity as a Prerequisite for Sustainable Development in the Black Sea Region. – Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1998. – P. 221 – 234.
15. Alexandrov B., Zaitsev Yu. Chronicle of exotic species introduction into the Black Sea / The Black Sea ecological problems: Mat. Intern. Symp. (31 October – 5 November, Odessa, Ukraine). – OCNTI, 2000. – P. 14 – 19.
16. Ben-Tuvia A. Immigration of fishes through the Suez Canal // Fish. Bull. – 1978. – 76, No 1. – P. 217 – 400.
17. Carlton J. T., Geller J. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms // Science. – 1993. – 261. – P. 78 – 82.
18. Exotic invaders of the North Sea shore // Materials of the workshop at Wattenmeerstation Sylt, an Island research (19 - 22 February, 1998) – Helgoland. Meeresuntersuch. – 1998 – 1999. – 52, No 3-4. – P. 217 – 400.
19. Galil B. S. A sea under siege – alien species in the Mediterranean // Biological Invasions. – 2000. – 2. – P. 177 – 186.

20. *Gomoiu M.-T.* Impacts of naval transport development on marine ecosystems and invasive species problems // *J. Environm. Prot. Ecol.* – 2001. – **2**, № 2. – P. 475 – 481.
21. *Gomoiu M.-T., Alexandrov B., Shadrin N., Zaitsev Yu.* The Black Sea – a recipient, donor and transit area for alien species / *Leppakoski E., Gollasch S., Olenin S.* (eds.). *Invasive aquatic species of Europe – distribution, impact and management.* – Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 2002. – P. 341 – 350.
22. *Hayes K. R.* Ecological risk assessment for ballast water introductions: a suggested approach // *ICES J. Mar. Sci.* – 1998. – **52**. – P. 201 – 212.
23. *Hewitt C. L., Martin R. B.* Revised protocols for baseline port surveys for introduced marine species: survey design, sampling protocols and specimen handling. – Center for Research on Introduced Marine Pests. Technical Report No. 22, CSIRO Marine Research, Hobart, 2001. – 46 p.
24. *IMO Bulletin.* To put an end to invasion of alien organisms as a result of their transportation with ballast water. October 1998. – 21 p.
25. *Istikbal C.* Regional transport demands and the safety of navigation in the Turkish straits: a balance at risk / *Ozturk B., Algan N.* (eds.). *Proceedings of the International Symposium on the Problems of Regional Seas.* – Turkish Marine Research Foundation. – 2001. – P. 76 – 83.
26. *Jousson O., Pawlowski J., Zaninetti L., Meinesz A., Boudouresque C.F.* Molecular evidence for the aquarium origin of the green alga *Caulerpa taxifolia* introduced to the Mediterranean Sea // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* – 1998. – **172**. – P. 76 – 83.
27. *Leppakoski E., Olenin S.* Non-native species and rates of spread: lessons from the brackish Baltic Sea // *Biological Invasions.* – 2000. – **2**. – P. 151 – 163.
28. *McDonald J. H., Seed R., Koehn R. K.* Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in Northern and Southern Hemispheres // *Marine Biology.* – 1989. – **111**. – P. 323 – 333.
29. *Ruiz G. M., Carlton J.T., Grosholz E.D., Hines A.H.* Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent and consequences // *American Zoologist.* – 1997. – **37**. – P. 621 – 632.
30. *Ruiz G. M., Fofonoff P.W., Carlton J.T., Wonham M.J., Hines A.H.* Invasion of coastal marine communities in North America: apparent patterns, processes, and biases // *Annual Review of Ecology and Systematics.* – 2000. – **31**. – P. 481 – 531.
31. *Sea Grant Zebra Mussel Report (1988 – 1994).* – Ohio State University. – 1995. – 54 p.
32. *Vollenweider R. A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A.* Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index // *Environmetrics.* – 1998. – **9**. – P. 329 – 357.
33. *Zaitsev Yu., Mamaev V.* *Biological Diversity in the Black Sea: a study of change and decline.* – Black Sea Environmental Series, Vol. 3. – New York: United Nations Publ., 1997. – 208 p.
34. *Zaitsev Yu. and Иzturk B.* (eds.). *Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas.* – Published by Turkish Marine Research Foundation. – Istanbul, Turkey, 2001. – 265 p.

Поступила 10 марта 2004 г.

Problem of aquatic organisms transportation by ships and some approaches for risk assessment of the new invasions. **B. G. Alexandrov.** The review of problem of aquatic organisms exchange in the World Ocean with ballast waters of the ships is done. The preliminary results of Odessa port baseline biological survey on the detection of introduced species within the framework of the International Programme (IMO/GEF/UNDP) «GloBallast» are represented. The method of risk assessment estimation for ballast water discharge in port area is analyzed. Some recommendations on its improvement are based. Some approaches to prognostication of species composition of probable new invaders are considered on example of the north-western part of the Black Sea.

Key words: ballast water, invasion, introduced species, ecosystem, Black Sea, risk assessment

Проблема перенесения водных организмов судами и деякі підходи до оцінки ризику нових інвазій.
Б. Г. Александров. Зроблений огляд проблеми переселення водних організмів у Світовому океані з баластними водами суден. Уявлені попередні результати базових біологічних досліджень в акваторії Одеського порту в рамках Міжнародної програми (IMO/GEF/UNDP) «ГлоБалласт» по виявленню екзотичних видів. Аналізується метод оцінки ризику інвазій з баластними водами суден у портові акваторії. Обґрунтовуються деякі рекомендації по його вдосконаленню. Обговорюються деякі підходи до прогнозування видового складу вірогідних вселенців на прикладі екосистеми північно-західної частини Чорного моря.

Ключові слова: баластні води, інвазія, вселенці, екосистема, Чорне море, оцінка ризику

ВЫШЛА В СВЕТ МОНОГРАФИЯ

Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / Под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гаевской; НАН Украины, Институт биологии южных морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. - 511 с. (105 илл., 106 табл.).

Монография подготовлена на базе материалов, собранных в прибрежных водах Крыма в 2003 г., и ретроспективных данных. На основе анализа качественного и количественного состава микро- и зоопланктона, фито- и зообентоса, ихтиофауны и паразитофауны показано современное состояние биологического разнообразия прибрежных акваторий Крыма и даны рекомендации по его сохранению. Проанализирован отклик биоты на появление в сообществах новых видов и на воздействие некоторых антропогенных факторов. Даны характеристики планктонных биолюминесцентных Черного моря и формируемого ими поля биолюминесценции в неритической зоне Крыма. Приведены списки видового состава основных групп растительного и животного мира в различных регионах прибрежных вод Крыма.

Монография рассчитана на гидробиологов, экологов, географов, океанологов, научных сотрудников других смежных специальностей, а также аспирантов и студентов соответствующего научного и отраслевого профиля.

Стоимость монографии – 30 грн.

Заказать и приобрести монографию можно в библиотеке ИнБЮМ по адресу:

Институт биологии южных морей НАН Украины,
просп. Нахимова, 2

99011 Севастополь Украина