

ИССЛЕДОВАНИЯ БАЛЛАСТНЫХ ВОД КОММЕРЧЕСКИХ СУДОВ В МОРСКИХ ПОРТАХ РОССИИ

© 2008 Звягинцев А.Ю.¹, Селифонова Ж.П.²

¹ Институт биологии моря ДВО РАН им. А.В. Жирмунского,
Владивосток 690041, ayzvyagin@gmail.com

² Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,
Мурманск 183010, selifa@mail.ru
Поступила в редакцию 14.02.2008

Аннотация

Представлены результаты первых исследований судового водяного балласта в портах Новороссийска и Владивостока. Получены данные о составе флоры и фауны, их обилии, жизнеспособности и происхождении видов. В балластных водах в Новороссийском порту обнаружен 31 вид голопланктона, 15 видов меропланктона. Общая плотность зоопланктона колебалась от 1.3 до 60 тыс. экз./м³. Вектор наибольшего риска – средиземноморский, откуда поступает 62% водяного балласта. В порту Владивостока в балластных водах судов российско-японской и российско-китайской линий обнаружено 45 видов микроводорослей, 24 вида голопланктона, 22 вида меропланктона, 10 надвидовых таксонов мейофауны, идентифицировано 24 вида микроскопических мицелиальных грибов, выделено 28 морфологически отличающихся штаммов бактерий.

Выявлены основные «группы риска» биоинвазий в изученных портах. Подтверждена необходимость контроля судового водяного балласта в России, разработки методологии, методов и законов для предотвращения занесения патогенных и потенциально опасных организмов водным транспортом.

Ключевые слова: балластные воды, вселение, микрофлора, планктон, обрастание, морские грибы, токсичные виды, биологический контроль.

Введение

Важнейшая экологическая проблема настоящего времени – вселение чужеродных, в том числе патогенных для человека, видов. В значительной степени она обусловлена бурным развитием судоходства и их переносом в судовых балластных водах. Так, по оценкам Международной Морской Организации (ИМО) ежегодный мировой оборот балластных вод составляет около 12 млрд тонн [ИМО/МЕРС, 1998]. Общее число видов, зарегистрированных в водном балласте, превышает 7000 [David, Perkovič, 2004]. Голопланктонные животные, а также меропланктонные личинки донных беспозвоночных имеют наибольшие шансы для расселения с балластными водами, так как перемещаются не отдельные особи,

а целые сообщества, можно даже утверждать – экосистемы [Timofeev, Selifonova, 2005]. Каждое судно, перевозящее и сливающее балластные воды, можно рассматривать как источник потенциальной экологической опасности. Интродукция чужеродных организмов морскими судами привела к значительным экономическим убыткам и пагубным воздействиям, как на природную среду, так и на здоровье населения прибрежных районов [Carlton, Geller, 1993; Gollasch, 1998]. Показательным примером является проникновение и натурализация гребневика *Mnemiopsis leidyi* из вод Северо-Западной Атлантики в Черное море [Dumond, Shiganova, Niermann, 2004]. Соответствующие исследования балластных вод и получаемые результаты являются крайне важными для

управления ими. К сожалению, только Австралия и Канада имеют соответствующие законодательные акты и осуществляют обязательный биологический контроль балластных вод. В России рассматриваемая проблема стала интенсивно разрабатываться сравнительно недавно.

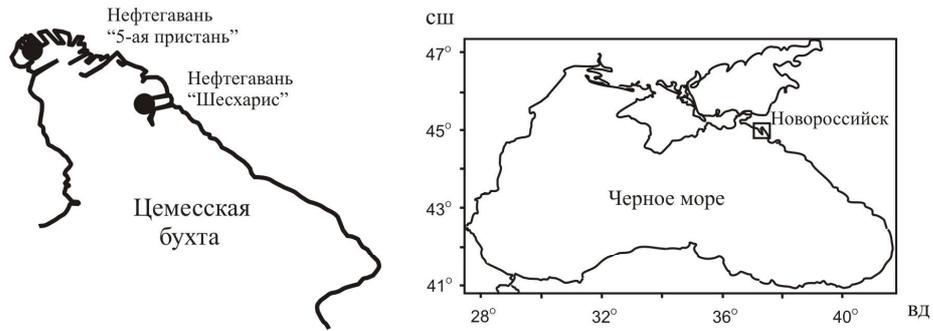
В настоящей статье представлены результаты пионерских исследований судовых балластных вод в портах Новороссийска и Владивостока.

Материал и методика

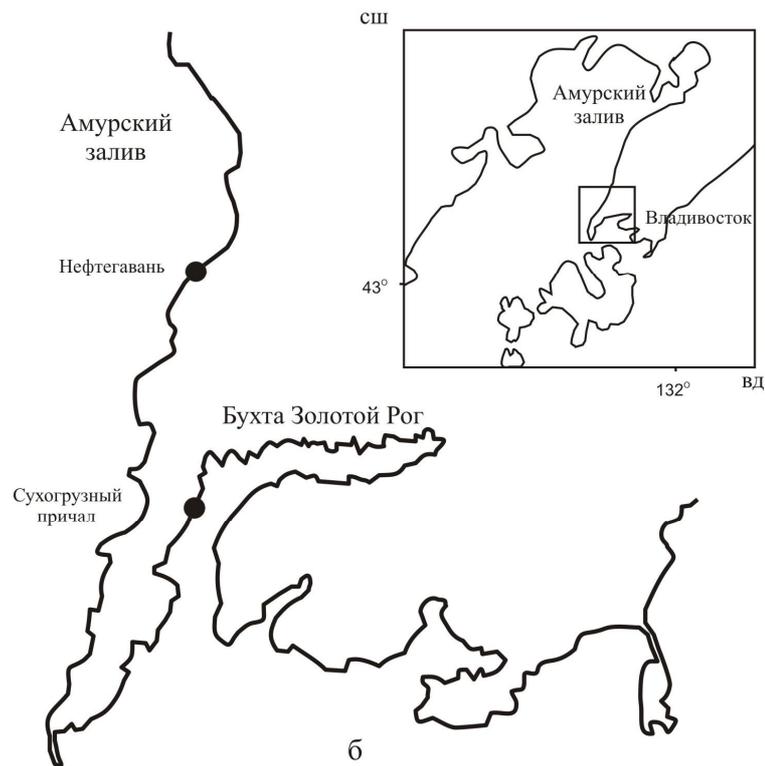
В марте-апреле 2004 г. в Новороссийском порту Мурманским морским биологическим институтом КНЦ РАН были проведены гидрохимические и гидробиологические исследования (табл. 1) балластных вод пяти коммерческих судов (соленость воды, голопланктон, меропланктон). Порт Новороссийск – крупнейший транспортный узел на юге России. Его ежегодная пропускная способность свыше 5 тыс. судов и 100 млн тонн груза (80% нефть и нефтепродукты). При погрузочно-разгрузочных работах судами в акваторию Цемесской бухты, в которой расположен порт, сбрасывается свыше 50 млн тонн водяного балласта [Матишов, Селифонова, 2006]. В Новороссийском порту мы исследовали суда, загружающиеся нефтепродуктами в гаванях «Шесхарис» и «5-я пристань» (рис. 1). Образцы балластной воды отбирали с поверхности. Соленость вод измерялась аргентометрическим методом Мора с погрешностью не более 0.02% (ГОСТ 27384-87). Пробы зоопланктона концентрировались фильтрацией 80–100 л воды через газ с ячейей 100 мкм. Все организмы были в хорошей сохранности, очевидно, зафиксированы живыми. Таксономическую идентификацию голо- и меропланктона выполнила к.б.н. Ж.П. Селифонова, определение солености вод – м.н.с. В.В. Ерохин (ЮНЦ РАН).

Владивосток – крупнейший порт дальневосточных морей России. Более 16 тыс. судов заходят ежегодно в порты залива Петра Великого. Из них около 5 тыс. судов – это суда под иностранными флагами и около 8 тыс. судов, заходящих в порты южного Приморья, – это суда, совершающие международные рейсы. Ежегодно более 10 тыс. судов направляется в порт Владивосток, заходя и в Амурский залив, где расположен единственный в стране морской заповедник. При этом более 1 млн тонн балластных вод попадает в воды залива Петра Великого [Звягинцев, Гук, 2006].

В качестве изучаемых объектов были выбраны сухогруз «Timber Star» и танкер «Minotaur», выполняющие рейсы на российско-японских (Владивосток – Майдзуру, Тоямашинка, Саката (Японское море)) и российско-китайских линиях (Владивосток – Лайчжоу, Люйшунь (Желтое море)) и разгружающиеся соответственно в бухте Золотой Рог на сухогрузной пристани и в Амурском заливе, и в нефтегавани (рис. 1). Для отбора проб фито- и зоопланктона были использованы планктонная сеть (диаметр входного отверстия 20 см, ячей 20 мкм) и батометр Молчанова. Пробы обрастания отбирали специальным скребком-сачком на глубине 0.5–1 м. Пробы балластных осадков отбирали лотом Наумова для мягких грунтов и грунтовой трубкой в почти полностью осушенном танке [Звягинцев, Ивин, Кашин и др., 2009]. Количество колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов определялось в 1 см³ осадков. Таксономическая идентификация гидробиологического материала проведена следующими специалистами: фитопланктон – к.б.н. Т.Ю. Орловой и к.б.н. М.С. Селиной, голопланктон – к.б.н. В.В. Касьян, меропланктон – к.б.н. О.М. Корн и к.б.н. В.А. Куликовой, мейофауна – к.б.н. Л.С. Белогуровой, морские грибы – к.б.н. Л.В. Зверевой (ИБМ ДВО РАН), микрофлора – к.б.н. И.П. Безвербной (ДВГУ).



а



б

Рис. 1. Схема расположения мест отбора проб балластных вод коммерческих судов в портах Новороссийск (а) и Владивосток (б).

Таблица 1. Характеристика водяного балласта, ввозимого в Новороссийский порт

Название танкера	Дата отбора проб	Температура, °С	Соленость, ‰	Объем водяного балласта, тыс. м ³	Страна, порт-донор
Adriatiki	04.03.04	7	25.91	7.3	Греция, Арра-Teodori
Fedor	11.03.04	7	22.47	27.0	Италия, Trieste
Aegean Pride	16.04.04	10	18.19	36.5	Франция, Fos Sur Mer
Sea Falcon II	23.04.04	11	17.74	27.3	Болгария, Burgas
Prosky	27.04.04	11	23.00	18.6	Греция, Thessaloniki

Результаты

Порт Новороссийск

Голопланктон и меропланктон.

В зоопланктоне балластных вод идентифицирован 31 вид голопланктона, 15 видов меропланктона. На танкерах «Adriatiki», «Fedor», «Prosky» были обнаружены несвойственные Черному морю организмы, в том числе веслоногие раки *Clausocalanus arcuicornis*, *Stenocalanus vanus*, *Paracalanus nanus*, *Temora longicornis*, *Calanopia elliptica*, *Corycaeus furcifer*, *Oncaea* sp. Плотность зоопланктона колебалась от 1.3 до 60 тыс. экз./м³.

Наибольшее количество зоопланктона обнаружено на танкере «Prosky», где 74% его составляли копеподы сем. Acartiidae. Среди них преобладали виды нечерноморского происхождения. В пробе отмечена высокая численность *Oithona nana* (10 тыс. экз./м³). До середины 80-х гг. XX столетия вид доминировал среди копепод в Черном море [Ковалев, 2007; Селифонова, Шмелева, 2007]. Во время вспышки численности хищного гребневика-вселенца *Mnemiopsis leidy* численность *O. nana* резко сократилась. В настоящее время ее находки в этом водоеме редки. Среди меропланктона в балластных водах преобладали личинки нечерноморских полихет (3.5 тыс. экз./м³) и двустворчатых моллюсков (1 тыс. экз./м³), главным образом, виды родов *Rugospio*, *Microspio* с необычной морфологией, голопланктонные полихеты и двустворчатые моллюски *Cardiidae* gen. sp. Известно, что в таких количествах меропланктон регистрируется в наиболее загрязненных прибрежных участках морей [Selifonova, 2006]. На танкере «Adriatiki» выявлены нехарактерные для исследованного времени года представители тепловодного голопланктона *Penilia avirostris*, *Centropages kroyeri*, *C. ponticus*. Подавляющую часть фауны на судне «Fedor» составляли коловратки рода *Synchaeta* (4.4 тыс. экз./м³) и копеподы сем. Acartiidae (2.7 тыс. экз./м³). В популяционной структуре

акарции наряду с половозрелыми особями отмечены копеподитные и науплиальные стадии. Черноморский неритический планктон (инфузориитинтиниды, коловратки-синхеты, меропланктон и мелкие копеподы отр. Harpacticoida и *A. clausi*) в заметных количествах обнаружен на танкерах «Sea Falcon II» и «Aegean Pride», одно из которых следовало из болгарского порта. Следовательно, наши данные подтверждают, что в большинстве случаев забор воды в балластные танки изученных судов производился в соответствующих портовых районах.

Соленость воды в балластных цистернах колебалась от 17.7 до 25.9‰. На двух судах «Aegean Pride» и «Sea Falcon II» она соответствовала черноморской воде (17.74–18.19). Соленость вод Черного моря, по сравнению с водами Средиземного моря, составляет 17–18‰ против 30–39.5‰ [Сорокин, 1982; Суховой, 1986].

Биоинвазии. Анализ исследования балластных вод и биоразнообразия в акватории Новороссийского порта выявил основные «группы риска» инвазий в северо-восточную часть Черного моря. В первую очередь – это Copepoda и Polychaeta. Высокая вероятность вселения новых видов в Новороссийский порт связана со значительной евтрофикацией и некоторой опресненностью его вод (от 12.9‰ в устье р. Цемес до 16.9‰ между причалами) (устн. сообщ. В.К. Часовникова, Южное отделение института океанологии РАН). По мнению Александрова [Александров, 2004], наибольшим риском обмена новыми видами относительно Черного моря обладают приустьевые акватории и речные дельты. Под воздействием загрязнения снижается биоразнообразие экосистемы и ее устойчивость, появляются новые экологические ниши, которые заполняются вселенцами. Вектор наибольшего риска – средиземноморский, откуда поступает большая часть водяного балласта (62%). Отметим, что танкер «Prosky», например,

за один раз в бухту сбрасывает свыше 85 млн экз. меропланктона. Личинки нечерноморских полихет сем. Spionidae неоднократно встречались в балластных водах танкеров. Соответственно, полихета *Streblospio* sp. была обнаружена в 2001 г. в устье р. Цемес. Ее плотность была 980 экз./м², а в 2007 г. достигала 9 тыс. экз./м² [Мурина, Селифонова, Мельник, 2008]. Наглядным примером инвазии в акваторию порта могут служить периодические осенние вспышки плотности до 1.6 тыс. экз./м³, в местах сброса балластных вод, нового для фауны Черного моря веслоного рака *O. brevicornis* – обитателя прибрежных вод тропических и умеренных широт, в частности, Средиземного моря [Шувалов, 1980]. Напомним, что в разных местах акватории порта обнаружено от 11 до 36 видов средиземноморских Copepoda [Селифонова, Шмелева, 2007].

Порт Владивосток

Фитопланктон. В балластных водах сухогруза «Timber Star» зарегистрировано 33 вида фитопланктона, причем живые клетки микроводорослей были обнаружены только в пробах, собранных в мае. Преобладали диатомовые (15 видов) и динофлагелляты (14 видов). Основу растительного сообщества представляли широко распространенные виды (космополиты, тропическо-арктобореальные, тропическо-бореальные), составляющие в сумме 63% от общего числа видов. Плотность фитопланктона изменялась от 166 500 до 503 500 клеток/л. Доминировали эвгленовые водоросли (86% суммарного количества фитопланктона). Среди них в большом количестве встречалась *Eutreptiella eupharyngea* (95%) – обычный компонент фитопланктона залива Петра Великого, вызывающий «цветения» вод в бухте Золотой Рог. Обнаруженные в балластных водах потенциально токсичные виды *Pseudo-nitzschia pungens*, *Chaetoceros* sp., *Asterionellopsis glacialis*, *Skeletonema costatum*, *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum cordatum*, *Dinobryon balticum*, *Euglena* sp., *Eutreptiella eupharyngea* – в основном

космополиты, массовое развитие которых в заливе Петра Великого отмечают в летне-осеннее время [Стоник, Орлова, 1998].

Голопланктон. Голопланктон балластных вод сухогруза «Timber Star» состоял из субтропических и бореальных видов, относящихся к Copepoda, Cladocera, Mysidacea, Chaetognatha и Hydrozoa. Плотность голопланктона колебалась от 20 до 600 экз./м³. Фауна балластных вод была представлена неритическими (71%) и океаническими видами (29%). Веслоногие ракообразные Copepoda были представлены 9 планктонными видами, а также обитателями придонного слоя (отр. Harpacticoida). Из ветвистоусых ракообразных Cladocera в заметных количествах встречались как эврибионтные *Evadne nordmanni*, холодноводные *Podon leuckarti*, *Pseudocalanus newmani*, *Centropages abdominalis*, *Acartia hudsonica*, так и нетипичные редкие тепловодные виды *Pseudevadne tergestina* и *Pseudocalanus inopinus*. *P. inopinus* – эндемик тропической области Индо-Тихоокеанского региона. В заливе Петра Великого эта «азиатская копепода» встречается единично, в основном в его южной части, и является индикатором поступления теплых вод. При натурализации в эстуарные зоны он способен вытеснять другие виды, изменяя структуру планктонного сообщества [Bollens, Murphy, Ritz, Hewitt, 2002]. В мае и, как правило, в конце июля (при прогреве вод выше 17 °C) в заливе отмечены виды тропического происхождения *Oithona plumifera* и *O. brevicornis* [Касьян, Чавтур, 2006].

Фауна голопланктона балластных вод танкера «Minotaur» имела тропическо-субтропическую структуру (океанические 65%, неритические виды 35%), что подтверждается особенностями района забора морской воды (Желтое море). Были обнаружены Copepoda, Cladocera, Euphausiacea, Chaetognatha и Hydrozoa с плотностью от 43 до 120 экз./м³. Copepoda были представлены 16 планктонными видами, а также

обитателями придонного слоя (отр. Narpacticoida и Monstrilloida). Большинство отмеченных видов – редкие или случайные компоненты планктонных прибрежных сообществ залива Петра Великого. К примеру, в балластных танках обнаружен вид *Evadne spinifera*, обитающий между 40° с.ш. и 40° ю.ш. [Smirnov, Timms, 1983].

Меропланктон. В меропланктоне исследованных двух судов отмечено 22 таксона. Большую его часть составляли аборигенные виды залива Петра Великого, по-видимому, попавшие в балластный танк во время частичной замены воды. В мае на сухогрузе «Timber Star» наиболее обильными были личинки усонного рака *Balanus crenatus* (297 экз./м³). *B. crenatus* – основной обрастатель российских вод Японского моря [Звягинцев, 2005]. В меньших количествах отмечены личинки брюхоногих моллюсков *Littorina brevicula* (54 экз./м³) и *Epheria turrita* (11 экз./м³). Оба вида могли попасть в балластные танки как из залива Петра Великого, так и из портов-доноров. При плотности 5 экз./м³ обнаружены личинки амурской морской звезды *Asterias amurensis*. Их происхождение, скорее всего, местное. В балластной воде, по-видимому, присутствовали оплодотворенные яйца и бластулы, поскольку в экспонированных в лаборатории пробах в течение двух дней плотность личинок значительно возросла.

В Приморье личинки двустворчатых моллюсков сем. Veneridae – *Callista brevisiphonata* встречаются в планктоне в июне при температуре воды 16–18 °С [Семенихина, Колотухина, Евсеев, 2006]. Следовательно, нахождение их в заливе Петра Великого в исследуемый период маловероятно, потому что проба взята в мае. Среди полихет были встречены личинки *Capitella capitata* (5 экз./м³) и представители семейств Spionidae (*Polydora* sp.) – 5 экз./м³ и Nereidae (*Nereis* sp.) – 11 экз./м³. Личинки *Polydora* с такой морфологией в заливе Петра Великого не встречаются и, по-видимому, были занесены из

прибрежных вод Японии. *C. capitata* – космополит, который в балластные танки мог попасть как из залива Петра Великого, так и из прибрежных вод острова Хонсю (Японское море). В течение лета и осени на сухогрузе «Timber Star» живые личинки не обнаружены, так как в балластных водах в значительном количестве присутствовала коррозионная взвесь.

Личинки донных беспозвоночных, обнаруженные на танкере «Minotaur», принадлежат обитателям Бохайского залива (Желтое море), хотя северная часть этого моря является южной границей ареала многих видов, обитающих в заливе Петра Великого, и списки видов этих районов в значительной степени перекрываются. Объяснить это можно тем, что забор балласта в этот раз проводили только в Бохайском заливе. Большой интерес представляет обнаружение в октябрьских пробах балластных вод судна личинок рака-отшельника *Diogenes nitidimanus* (0.6 экз./м³). Эта находка подтверждает возможность его вселения в залив Петра Великого. Напомним, что поселение половозрелых особей этого нового для региона вида было обнаружено в 2002 г. в эстуарной части залива Восток [Корн, Корниенко, Звягинцев, 2007]. В этих же пробах отмечены неизвестная личинка Ophiuroidea (0.6 экз./м³) и личинка голожаберного моллюска *Nudibranchia* на стадии, близкой к оседанию. В местных водах личинки с подобной морфологией ранее не встречались.

В ноябрьских пробах присутствовали личинки усонных раков *Hesperibalanus hesperius* (3.4 экз./м³), *Amphibalanus improvisus* (2.3 экз./м³), *Chthamalus dalli* (1.1 экз./м³) и неидентифицированные личинки *Amphibalanus amphitrite* (3.4 экз./м³). *A. improvisus* – вид, широко распространенный на севере Желтого моря [Liu, Ren, 2007]. *H. hesperius* и *Chthamalus dalli* в каталоге видов, характерных для этого района, не значатся. Среди хтамалид там наиболее обычен *C. challengerii*. Однако, по данным отечественных специалистов, северной

границей распространения *C. dalli* является именно Желтое море [Тарасов, Зевина, 1957; Полтаруха, Корн, Пономаренко, 2006]. В балластных водах были обнаружены также личинки полихет *Pseudopolydora kempfi* (2.3 экз./м³), двустворчатых моллюсков *Barnea japonica* (5.3 экз./м³) и *Mytilus galloprovincialis* (20 экз./м³), не идентифицированные и не известные для залива Петра Великого личинки *Polydora* sp. (9.1 экз./м³).

Мейофауна обрастания. В пробах соскобов порошковой коррозии со стенок танка сухогруза «Timber Star» обнаружены Harpacticoida, Ostracoda (отр. Podocoripida), Acarina, мицелии гриба Amphipoda, Caprellida, Hydroidea, Cumacea, Polychaeta (сем. Spionidae), Cirripedia (*Balanus* sp.). Полученные данные свидетельствуют о способности мейофауны успешно и долго существовать в балластных танках «ржавого» типа, малопригодных для выживания планктона.

Микрофлора. По микробиологическим показателям балластные воды сухогруза «Timber Star» характеризовались как умеренно-загрязненные [Гидрохимические показатели..., 2007]. Численность КОЕ гетеротрофных бактерий – 10³–10⁴ клеток/мл, Существенного изменения КОЕ за время хранения балластных вод с 1 по 14 сентября 2007 г. не произошло (табл. 2).

Однако снизилось морфологическое разнообразие микроорганизмов: в пробе 01.09.2007 отмечено 28, а в пробе 14.09.2007 12 морфологически отличающихся штаммов. В пробах из порта Саката доминировали грамотрицательные подвижные палочковидные бактерии с окислительным типом метаболизма. Среди штаммов, выделяемых из бухты Золотой Рог, преобладают палочковидные грамотрицательные бактерии с ферментативным типом метаболизма, что связано со значитель-

ным загрязнением канализационными стоками вод бухты и недостаточной насыщенностью их кислородом [Калитина, Безвербная, Бузолева, 2006]. Из-за отсутствия санитарно-показательных бактерий группы кишечной палочки *Enterococcus faecalis* и относительно невысокой численности КОЕ гетеротрофных микроорганизмов, балластная вода на сухогрузе «Timber Star» по бактериологическим показателям не представляла экологической угрозы для бухты Золотой Рог.

В пробах воды, отобранных из балластных танков танкера «Minotaur» в октябре – декабре 2007 г., средняя численность КОЕ гетеротрофных бактерий изменялась от 2.5·10³ до 4.1·10⁴ клеток/мл (табл. 3), что характеризует образцы как умеренно-загрязненные или загрязненные [Гидрохимические показатели..., 2007]. Эти показатели соответствуют, а иногда превышают среднее содержание колониеобразующих гетеротрофных бактерий в Амурском заливе. В ноябре и декабре в пробах из балластных вод, взятых в портах Льюшунь и Лайчжоу, выявлено высокое количество бактерий группы кишечной палочки, значительно превышающее установленные нормативы для сточных вод, сбрасываемых в водные объекты [Санитарные правила..., 2000].

Особенно тревожно обнаружение штаммов *E. coli* с концентрацией, превышающей допустимую [Международная конвенция..., 2005] в три раза и более. Кишечная палочка обнаружена в пробах балластной воды, взятой в порту Льюшунь. После замены воды в порту Лайчжоу *E. coli* нами выявлена в балластных осадках, в то время как в балластной воде она уже не обнаруживалась. При этом количество КОЕ *E. coli* в 1 см³ осадков было выше, чем ранее в балластных водах, в несколько раз (табл. 3).

Таблица 2. Численность КОЕ гетеротрофных и санитарно-показательных микроорганизмов (клеток/мл) в пробах балластной воды сухогруза «Timber Star»

Дата взятия пробы воды (время нахождения в балластном танке, сутки)	Гетеротрофные бактерии	Бактерии группы кишечной палочки	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
01.09.2007 (10)	$(4.2 \pm 0.3) \times 10^3$	–	–	–
14.09.2007 (23)	$(3.8 \pm 0.5) \times 10^3$	–	–	–

Таблица 3. Численность КОЕ гетеротрофных и санитарно-показательных микроорганизмов (клеток/мл) в пробах балластной воды и осадков танкера «Minotaur»

Дата взятия пробы воды (время нахождения в балластном танке, суток/порт забора воды)	Гетеротрофные бактерии	Бактерии группы кишечной палочки	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
03.10.2007 (2 / Лайчжоу) (вода)	$(2.5 \pm 0.3) \times 10^3$	–	–	–
12.11.2007 (6 / Лайчжоу) (вода)	$(7.9 \pm 0.5) \times 10^3$	$(1.2 \pm 0.2) \times 10^2$	–	–
23.11.2007 (4 / Люйшунь) (вода)	$(4.1 \pm 0.2) \times 10^4$	$(1.0 \pm 0.1) \times 10^2$	900 ± 10	–
19.12.2007 (6 / Лайчжоу) (вода и осадки)	$(1.8 \pm 0.3) \times 10^4$ $(1.3 \pm 0.2) \times 10^6$	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^2$ $(5.1 \pm 0.4) \times 10^2$	4000 ± 23	–

Не исключено длительное сохранение этих бактерий в осадках балластных танков даже при частой замене воды. Известно, что *E. coli* характеризуются хорошей выживаемостью и высокими адаптивными возможностями при изменении условий среды [Общая и санитарная микробиология., 2004], что повышает опасность переноса их в балластных водах и осадках судов.

Морские грибы. В балластных водах сухогруза «Timber Star» обнаружено и идентифицировано 24 вида из 10 родов микроскопических мицелиальных грибов. Они представлены анаморфными грибами (Anamorphic Fungi) – 22 вида (91.7%) и зигомицетами (Zygomycota) – 2 вида (8.3%). Доминировали представители родов *Aspergillus* – 7 видов (29.2%), *Penicillium* – 6 видов (25%), *Acremonium* – 3 вида (12.5%), *Cladosporium* – 2 вида (8.3%). По 1 виду ($\approx 4.2\%$) обнаружено в родах *Mucor*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Geomyces* и *Trichoderma*. Споры микроскопических грибов сохраняли жизнеспособность после длительного

пребывания в балластных водах и прорастали при посеве на агаризованные питательные среды, формируя вегетативную стадию и спороношения.

Мицелиальные грибы – представители родов *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus*, *A. versicolor*), *Penicillium*, *Cladosporium* (*C. sphaerospermum*), *Alternaria* (*A. alternata*), *Trichoderma*, *Mucor* (*M. racemosum*), *Rhizopus* (*Rh. nigricans*), обнаруженные в балластных водах, относятся к группе условно-патогенных грибов и известны как возбудители глубоких и оппортунистических микозов как у человека и наземных животных, так и у морских беспозвоночных и рыб [Sallenave-Namont et al., 2000; Sindermann, Lightner, 1988]. Виды рода *Fusarium* вызывают инфекции молоди культивируемых ракообразных [Sindermann, Lightner, 1988]. Выявленные мицелиальные грибы являются продуцентами гемолитических метаболитов и антибиотиков, что обуславливает их патогенные свойства и конкурентоспособность с другими микроорганизмами [Pivkin, 2000].

Заключение

Анализ полученных нами данных позволяет утверждать, что балластные воды коммерческих судов – главный источник экологической опасности для внутренних и территориальных морских вод России. Отбор и анализ проб балластных вод является одним из методов, позволяющих как контролировать попадание потенциально опасных организмов в природную среду при сбросе балласта, так и оценивать эффективность мероприятий по управлению этими водами. Обнаружение в Новороссийском порту нового для фауны Черного моря многощетинкового червя рода *Streblospio* подтверждает возможность антропогенной интродукции донной фауны в Черноморский бассейн. Вектор наибольшего риска вселения видов в Новороссийский порт – средиземноморский, основные «группы риска» биоинвазий – веслоногие раки и многощетинковые черви. В акватории Новороссийского порта зарегистрировано от 11 до 36 видов средиземноморских копепод, в массовых количествах обнаружена новая для Черного моря циклопоидная копепода *Oithona brevicornis*. Следовательно, судовой водяной балласт может стать главным фактором «медитерранизации» фауны веслоногих раков (Copepoda) в северо-восточной части Черного моря.

Обнаружение в заливе Петра Великого 48 видов-интродуцентов на разных стадиях натурализации явилось результатом переноса новых для северо-западной части Японского моря морских беспозвоночных с обрастанием судов [Радашевский, Ивин, Звягинцев, 2008], а также неконтролируемого сброса в залив балластных вод. Основные «группы риска» вселенцев – асцидии, усконогие раки и многощетинковые черви. Находка личинок рака-отшельника *Diogenes nitidimanus* в балластных водах подтверждает возможность его вселения в залив Петра Великого. Поселение

половозрелых особей этого нового для региона вида было обнаружено в эстуарной части залива Восток. Из балластных вод выделены условно-патогенные и токсинообразующие мицелиальные грибы, способные вызывать микозы и микотоксикозы беспозвоночных, рыб и человека. Особую тревогу вызывает обнаружение штаммов кишечной палочки *E. coli* с концентрацией, превышающей допустимую в три раза и более.

Необходимо возможно скорее разработать научно-обоснованную и обязательную для выполнения методологию контроля балластных вод в портах России. Это, в частности, позволяет совместить положения Международной конвенции по контролю и управлению водяным балластом с существующими национальными морскими и прибрежными системами управления.

Благодарности

Авторы считают своим долгом поблагодарить всех коллег, принявших участие в сборе и обработке материала для данной статьи. Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН № 06-III-A-06-161, целевой комплексной программы ДВО РАН «Биологическая безопасность дальневосточных морей Российской Федерации» 2008 г., гранта фонда APN ARCP2006-FP14-Adrianov, Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Развитие технологий мониторинга, экосистемное моделирование и прогнозирование при изучении природных ресурсов в условиях аридного климата», проект 5.9.

Литература

- [1] Александров Б.Г. Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий. // Морской экологический журнал. 2004. Т. 3. № 1. С. 5–17.

- [2] Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. 192 с.
- [3] Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 432 с.
- [4] Звягинцев А.Ю., Гук Ю.Г. Оценка экологических рисков, возникающих в результате биоинвазий в морские прибрежные системы Приморского края (на примере морского обрастания и балластных вод) // Известия ТИНРО. 2006. Т. 145. С. 3–38.
- [5] Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Кашин И.А., Орлова Т.Ю., Селина М.С., Касьян В.В., Корн О.М., Куликова В.А., Корниенко Е.С., Зверева Л.В., Радашевский В.И., Бегун А.А., Белогурова Л.С., Безвербная И.П. Первые результаты исследования населения балластных вод судов на российско-японской и российско-китайской линии в порту Владивосток // Биология моря. 2009. Т. 35, № 1.
- [6] Калитина Е.Г., Безвербная И.П., Бузолева Л.С. Динамика численности гидrolитически-активной микрофлоры в условиях комплексного загрязнения бухты Золотой Рог // Электронный журнал «Исследовано в России». 2006. № 6. С. 56–66. <http://zhurnal.apl.relam.ru/articles/2006/006.pdf>
- [7] Касьян В.В., Чавтур В.Г. Распределение и сезонная динамика зоопланктона в Амурском заливе Японского моря. 1. Веслоногие ракообразные // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 144. С. 312–330.
- [8] Ковалев А.В. Почему копепода *Oithona nana* Giesbr. исчезла из планктона Черного моря в конце 80-х годов XX столетия? // Морський екологічний журн. 2007. Т. 6, № 1. С. 43.
- [9] Корн О.М., Корниенко Е.С., Звягинцев А.Ю. Натурализация рака-отшельника *Diogenes nitidimanus* Terao, 1913 (Decapoda: Anomura: Diogenidae) в заливе Восток Японского моря – гипотеза или реальность? // Известия ТИНРО. 2007. № 150. С. 291–297.
- [10] Матишов Г.Г., Селифонова Ж.П. Опыт контроля водяного балласта торговых судов в Новороссийском порту // Вестник ЮНЦ РАН. 2006. Т. 2. № 3. С. 62–64.
- [11] Международная Конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управления ими. СПб: Изд. ЦНИМФ, 2005. 120 с.
- [12] Мурина В.В., Селифонова Ж.П., Мельник В.Ф. Находка многощетинкового червя *Streblospio* sp. (Polychaeta: Spionidae) в Новороссийском порту Черного моря. // Морський екологічний журн. 2008. Т. 7, № 1. С. 46.
- [13] Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований / Под ред. А.С. Лабинской. М.: Медицина, 2004. 575 с.
- [14] Полтаруха О.П., Корн О.М., Пономаренко Е.А. Свободноживущие усконогие ракообразные и фасетотекты. Биота российских вод Японского моря. Т. 5. Владивосток: Дальнаука, 2006. 154 с.
- [15] Радашевский В.И., Ивин В.В., Звягинцев А.Ю. Создание базы данных по видам-вселенцам Северной Пацифики // Современные проблемы морской инженерной экологии: Тез. докл. Межд. научн. конференции (Ростов-на-Дону, 9–11 июня 2008). Ростов-на Дону: ЮНЦ РАН, 2008. С. 210–211.
- [16] Санитарные правила и нормы 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод». 2000.
- [17] Селифонова Ж.П., Шмелева А.А. Изучение фауны веслоногих раков Новороссийской бухты Черного моря и Азовского моря // Гидробиол. журн. 2007. Т. 43, № 5. С. 27–35.

- [18] Семенихина О.Я., Колотухина Н.К., Евсеев Г.А. Морфология личинок двустворчатых моллюсков семейства Veneridae (Bivalvia) Японского моря // Зоол. журн. 2006. Т. 85, № 9. С. 1067–1075.
- [19] Сорокин Ю.И. Черное море. М.: Наука, 1982. 217 с.
- [20] Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 4. С. 205–211.
- [21] Суховей В.Ф. Моря Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 288 с.
- [22] Тарасов Н.И., Зевина Г.Б. Усоногие раки морей СССР. Фауна СССР. М.–Л., 1957. Т. 6, Ч. 1. 267 с.
- [23] Шувалов В.С. Веслоногие рачки-циклопоиды семейства Oithonidae Мирового океана. Л.: Наука, 1980. 196 с.
- [24] Bollens J., Murphy K., Ritz D., Hewitt C. Heterogeneous zooplankton distribution in a ship's ballast tanks // J. Plankton Res. 2002. V. 24. P. 729–734.
- [25] Carlton J.T., Geller J.B. Ecological roulette: the global transport and invasion of nonindigenous marine organisms // Science. 1993. V. 261. P. 78–82.
- [26] David M., Perkovič M. Ballast water sampling as a critical component of biological invasions risk management // Mar. Pollut. Bull. 2004. V. 49. P. 313–318.
- [27] Dumont H.J., Shiganova T.A., Niermann U. Aquatic invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas. Kluwer, 2004. 313 p.
- [28] ИМО/МЕРС 1998. Harmful aquatic organisms in ballast water. Report of the Working Group on Ballast Water convened during МЕРС 41. 1998. МЕРС 42/8, ИМО.
- [29] Gollasch S. Removal of barriers to the effective implementation of ballast water control and management measures in developing countries (for GEF/ИМО/UNDP). 1998. 197 p.
- [30] Liu R., Ren X. Crustacea Cirripedia Thoracica // Fauna Sinica Invertebrata. 2007. V. 42. 633 p.
- [31] Pivkin M.V. Filamentous fungi associated with holothurians from the Sea of Japan, off the Primorye coast of Russia // Biol. Bull. 2000. V. 198. P. 101–109.
- [32] Sallenave-Namont C., Pouchus Y.F., Pont T.R. du et al. Toxigenic saprophytic fungi in marine shellfish farming areas // Mycopathology. 2000. V. 149. P. 21–25.
- [33] Sindermann C.J., Lightner D.V. Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. Amsterdam, Oxford: Elsevier Science Publishers, 1988. 431 p.
- [34] Selifonova J.P. Taxonomic Composition and Distribution of Meroplankton in the Novorossiysk Bay of the Black Sea // Acta zoologica bulgarica. 2006. V. 58, № 3. P. 387–394.
- [35] Smirnov N.N., Timms B.V. A Revision of the Australian Cladocera (Crustacea) // Records of the Australian Museum. 1983. Suppl. 1. 132 p.
- [36] Timofeev S.F., Selifonova Zh.P. Euphausiid larvae in the ballast waters of commercial ships: evidence for a possibility for biological invasion // Crustaceana. 2005. V. 78, № 11. P. 1395–1398.

STUDY OF BALLST WATERS OF COMMERCIAL SHIPS IN THE SEA PORTS OF RUSSIA

© 2008 Zvyagintsev A.Yu.¹, Selifonova J.P.²

¹ A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690041, e-mail: ayzvyagin@gmail.com

² Murmansk Marine Biological Institute, Kol'sky Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, 183010, e-mail: selifa@mail.ru

Abstract

The first research of the ballast waters of commercial vessels in Novorossiysk and Vladivostok ports are submitted. The data on structure of flora and fauna, their abundance, viability, and origin of species are received. In zooplankton of the ballast waters from Novorossiysk port, it was identified 31 species of holoplankton, 15 species of meroplankton. The average density of zooplankton varied from 1.3 up to $60 \cdot 10^3$ ind/m³. It has been established, that a vector of the greatest risk is the Mediterranean basin, from which 62% of water ballast enters. In the port of Vladivostok in ballast waters of vessels of the Russian-Japanese and Russian-Chinese lines 45 species of microalgae, 24 species of a zooplankton, 22 species of a meroplankton, 10 taxa of meiofauna were revealed, 24 species microscopic filamentous fungi were identified, in the culture of two tests it was outlined 28 morphology distinguished strains of bacteria. The basic «groups of risk» of bioinvasions in the investigated ports were revealed. The need of the control of the ships' ballast water in Russia, development of methodology, methods and laws for prevention of carrying of pathogenic and potentially dangerous organisms by a water transport is confirmed.

Key words: water ballast, introduction, microflora, plankton, overgrowths, marine fungus, toxic species, biological control.