

УДК 628.394.17-665.6(282.247.36)(262.54)(265.5)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АЗОВСКОГО МОРЯ ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОДАМИ

© 2008 г. Л.Ф. Павленко, Г.В. Скрышник, А.А. Кленкин, И.Г. Корпакова

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону 344002

Поступила в редакцию 24.09.2008 г.

Представлена характеристика загрязнения воды и донных отложений Азовского моря полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) по результатам исследований, проведенным в различные сезоны 2000-2007 гг. Определены индексы «техногенности» и степень «канцерогенности» состава ПАУ, присутствующих в экосистеме моря.

Опасность полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) обусловлена их мутагенной и канцерогенной активностью, способностью к накоплению в жизненно важных органах гидробионтов. В зависимости от условий одни и те же вещества обладают канцерогенной активностью и вызывают опухолевые изменения организма (онкогенез) или вызывают уродства (тератогенез), отравления (токсигенез), мутации (мутагенез) (Слепян, 1979).

Рыбы и моллюски способны в различной степени накапливать и трансформировать поллютанты, содержащиеся в воде, донных отложениях, фито- и зоопланктоне, а также высшей водной растительности. Накопление происходит в результате процессов биосорбции при контакте органов и тканей гидробионтов с токсикантами, находящимися в воде в растворенном и взвешенном состоянии и сорбированными донными отложениями.

Проведенный С.А. Патиным (1997) анализ обобщенных данных по содержанию ПАУ в органах и тканях морских организмов для очень широкого ряда морей и океанов, показал, что концентрации ПАУ в гидробионтах, как минимум, на 2-3 порядка выше, чем в водной среде, тогда как для донных осадков эти соотношения ниже и могут быть близки к единице.

Нормативная база для оценки влияния ПАУ на состояние водных биологических ресурсов практически отсутствует. В то же время, несмотря на критику использования официально установленных санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных предельно-допустимых концентраций вредных веществ, как критериев оценки качества природных вод, альтернативы этим нормативам пока нет. В России установлены ПДК только для нафталина – 4 мкг/л (рыбохозяйственная норма) и бенз(а)пирена 0,005 мкг/л (санитарно-гигиеническая норма). Системы нормативов для донных отложений вообще отсутствуют, поэтому для оценки степени их загрязнения бенз(а)пиреном используют санитарно-гигиеническую ПДК для почв, равную 20 мкг/кг (Беспамятнов, Кротов, 1985).

В настоящее время в объектах окружающей среды идентифицировано более двухсот ПАУ. Однако, определение их часто ограничивается только наиболее канцерогенным и широко распространенным из них – бенз(а)пиреном (БП), принятым в качестве индикатора на эту группу соединений. Ограничение определения ПАУ только БП связано с тем, что наблюдение и контроль всей группы соединений – чрезвычайно сложная, дорогостоящая и не всегда необходимая задача. Например, только для ПАУ с 4-6 бензольными фрагментами в молекуле возможно наличие около 70 изомеров, и число их возрастает с включением в кольцо различных заместителей.

В связи с этим различными международными организациями – Международным комитетом по стандартизации ИСО ТК/147, Всемирной организацией по здравоохранению, Американским агентством по охране окружающей среды (стандарт SRM 1647) предложено в качестве приоритетных определять ограниченное число потенциально опасных, обладающих канцерогенной и мутагенной активностью, и наиболее распространенных в биосфере ПАУ. Перечни приоритетных ПАУ включают от 6 до 21 соединения.

В настоящей работе представлены результаты определения суммарного содержания ПАУ и 16 индивидуальных ПАУ, которые входят в списки приоритетных: нафталин, 2-метилнафталин, ацenaфтилел, ацenaфтел, флуорел, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирел, трифенилен, хризен, бенз(б)флуорантел, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирел, дибенз(а,н)антрацен, бенз(г,н,и)перилел. Многие из этих соединений обладают канцерогенной активностью (Ровинский и др., 1988).

Суммарное содержание ПАУ (в пересчете на бенз(а)пирел) определялось люминесцентным методом, а индивидуальных ПАУ – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

За рассматриваемый период (2000-2007 гг.) суммарные концентрации ПАУ в воде Азовского моря варьировали в диапазоне от 40 до 420 нг/л – в Таганрогском заливе и от 20 до 350 нг/л – в собственно море. Среднегодовые значения концентраций суммы ПАУ менялись от 90 до 220 нг/л. Динамика загрязнения водной толщи характеризовалась «волнообразной» изменчивостью с максимальными значениями концентраций в 2002 и 2006 гг. и минимальными – в 2004 и 2007 гг.

При исследовании сезонной динамики загрязнения отдельных районов моря обнаружено, что в большинстве районов Таганрогского залива и собственно моря более высокие концентрации ПАУ в среднем отмечаются в осенний и весенний периоды. Летом, как правило, уровень загрязнения уменьшается, что связано с активизацией процессов деградации ПАУ – фото-, био- и химического окисления. Только для южного и восточного районов собственно моря более характерно постепенное увеличение загрязнения от весны к осени. Скорее всего, это происходит за счет сезонной интенсификации судоходства.

Пространственное распределение ПАУ в водной толще Азовского моря характеризуется повышенным загрязнением Таганрогского залива, особенно в весенний период (рис. 1). В собственно море более высокое загрязнение отмечается в осенний период на локальных участках центрального, юго-восточного и северо-восточного районов.

Основным источником поступления ПАУ в восточный район Таганрогского залива является сток р. Дон. Более высокая загрязненность северного района собственно моря связана со сбросами промышленных отходов предприятий, расположенных вдоль северного побережья моря. Высокая загрязненность юго-восточного района собственно моря обусловлена влиянием стока р. Кубань. Кроме того, здесь расположены грязевые вулканы, в выбросах которых присутствуют контролируемые соединения.

Содержание ПАУ в донных отложениях моря в 2000-2007 гг. менялось от 0,90 до 6,62 мг/кг в Таганрогском заливе и от 0,50 до 16,1 мг/кг – в собственно море. Среднегодовые значения концентраций для моря в целом варьировали от 2,3 до 4,7 мг/кг сухой массы. Динамика загрязнения донных отложений характеризовалась уменьшением

загрязнения в 2001-2002 гг. по сравнению с 2000 г. и постепенным его увеличением до максимального в 2007 г.

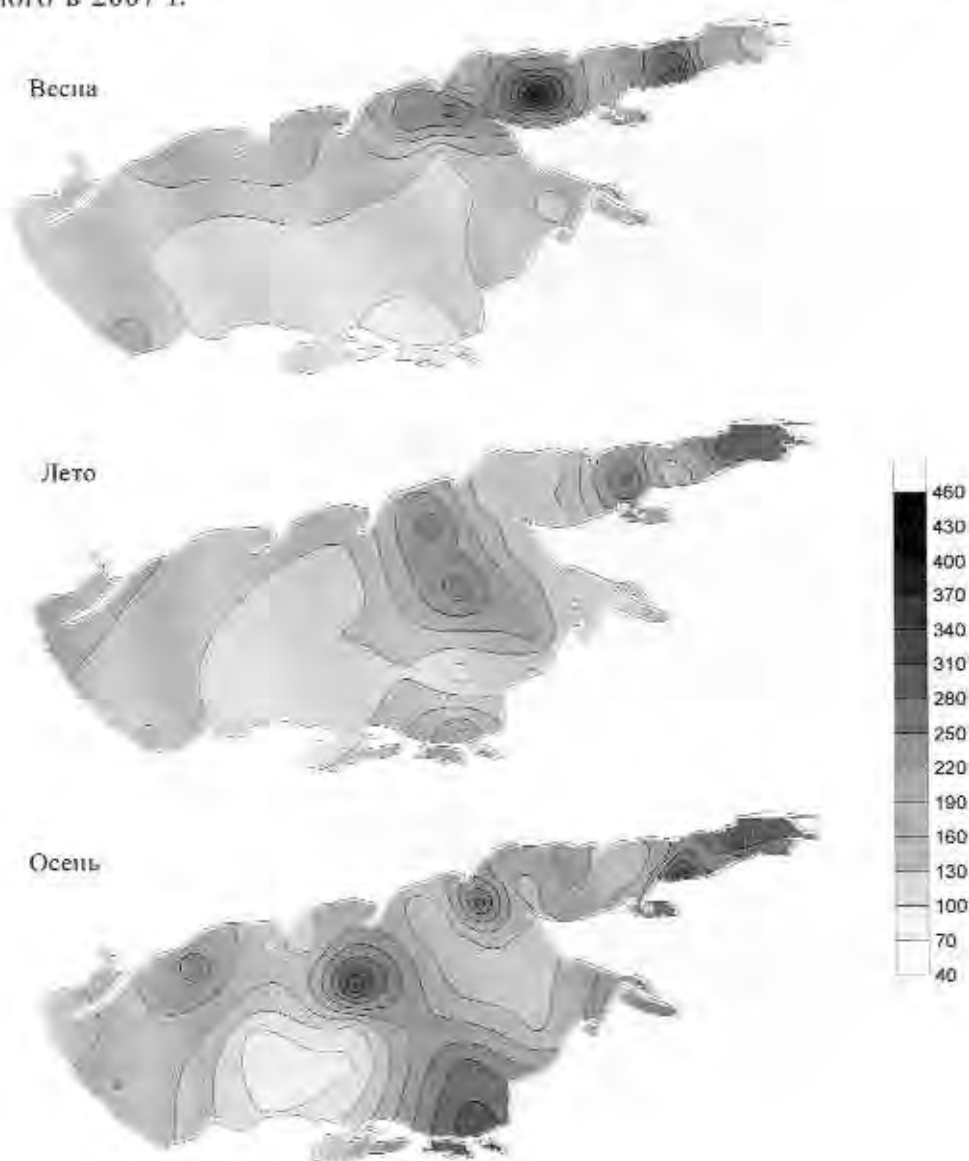


Рис. 1. Пространственное распределение ПАУ в водной толще Азовского моря в различные сезоны 2000-2007 гг., нг/л.

Fig. 1. Spatial distribution of PAH in the water column of the Azov Sea in different periods over 2000-2007 years, ng/l.

Накопление ПАУ донными отложениями зависит от ряда факторов, в первую очередь, от гранулометрического состава осадков и интенсивности процессов деградации ПАУ.

В отличие от воды, в донных отложениях большинства районов моря в летний период не наблюдается уменьшение загрязнения. Скорее всего, это связано с дефицитом кислорода в придонном слое воды, обусловленного стратификацией водных масс в летнее время (Александрова и др., 1998).

Пространственное распределение ПАУ в донных осадках обусловлено в основном сорбционными свойствами последних и в течение исследуемого периода наиболее высокое

содержание полиаренов отмечалось в мелкодисперсных илах центрального, южного и западного районов моря, центрального района Таганрогского залива (рис. 2).

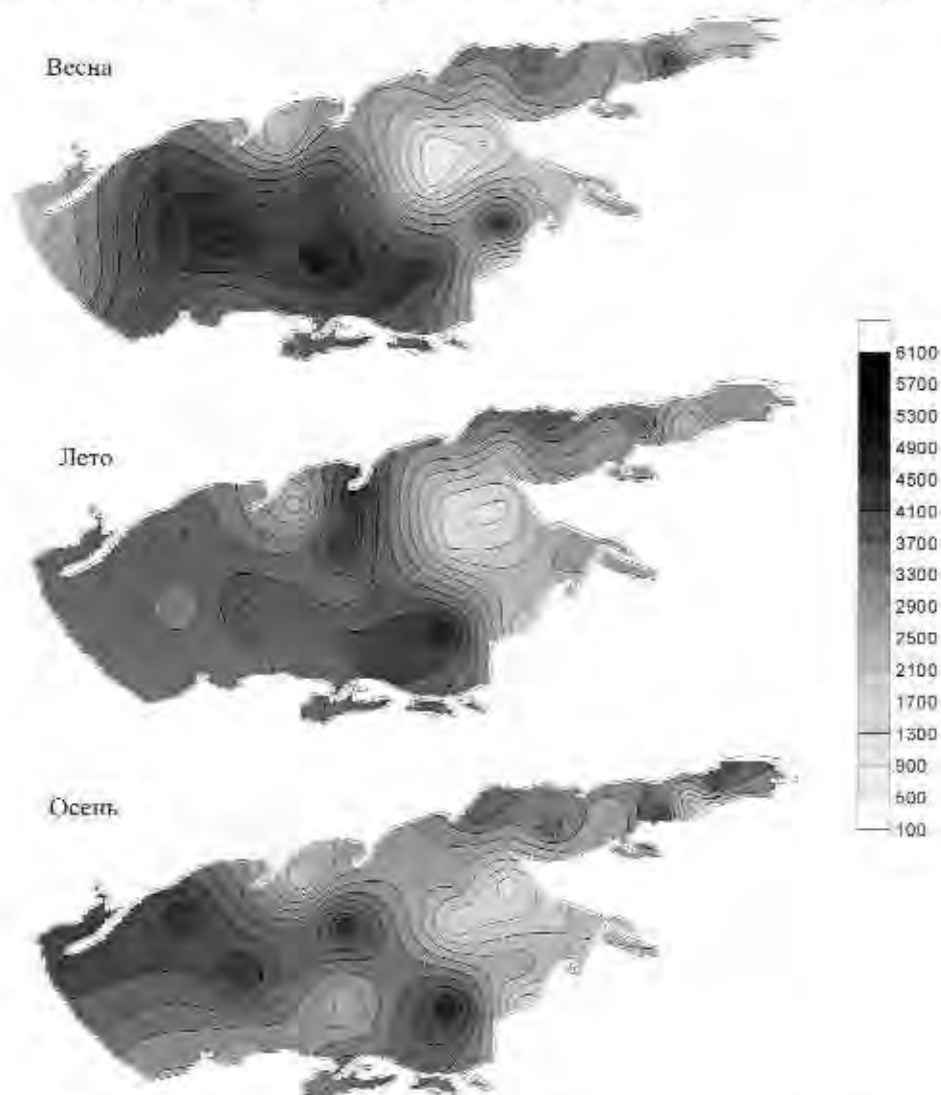


Рис. 2. Пространственное распределение ПАУ в донных отложениях Азовского моря по данным 2000–2007 гг., мг/кг сухой массы.

Fig. 2. Spatial distribution of PAH in bottom sediments of the Azov Sea in different periods over 2000–2007 years, mg/kg dry weight.

Во все сезоны наблюдений максимальное загрязнение отмечено для донных осадков центрального района моря, в основном состоящих из глинистых илов с высокой сорбционной способностью. Незначительное загрязнение ПАУ зафиксировано в донных отложениях северо-восточного участка Азовского моря, которые представлены в основном песком и ракушей.

Наибольшая площадь загрязнения полиаренами отмечается в весенние периоды. Она занимает всю центральную часть собственно моря и содержит в центре локальные участки с максимальным загрязнением. Повышенное загрязнение обнаружено также в центральном районе и в северо-западной части Таганрогского залива и на локальном участке в восточной части собственно моря (рис. 2).

Летом площадь дна моря с повышенным загрязнением уменьшается по сравнению с весенним периодом. Участки с максимальным содержанием ПАУ отмечаются у Бердянской косы и в юго-восточной части центрального района моря. Как и весной, высокое загрязнение характерно для центральной части моря, а также для его южного и западного районов. В Таганрогском заливе, как и весной, особенно загрязнены участки в северной части центрального и западного районов (рис. 2).

В осенний период для пространственного распределения ПАУ по площади дна моря характерно более высокое загрязнение на значительном по площади северо-западном участке собственно моря, а также на его локальных участках в центре и на юго-востоке центрального района (рис. 2). В Таганрогском заливе повышенное содержание полиаренов отмечается в восточном и на отдельных участках центрального и западного районов (прибрежные акватории гг. Порт-Катон и Мариуполь).

Коэффициент накопления ПАУ донными осадками в 2000-2007 гг. менялся в пределах от $1,0 \times 10^4$ – $3,6 \times 10^4$. Накопление ПАУ донными отложениями зависит в первую очередь от масштабов поступления и скорости их деградации за счет химических, фото- и биохимических процессов. Эти превращения протекают в донных осадках гораздо медленнее, чем в воде. Поэтому сезонная динамика загрязнения донных отложений отличается от динамики загрязнения водной толщи.

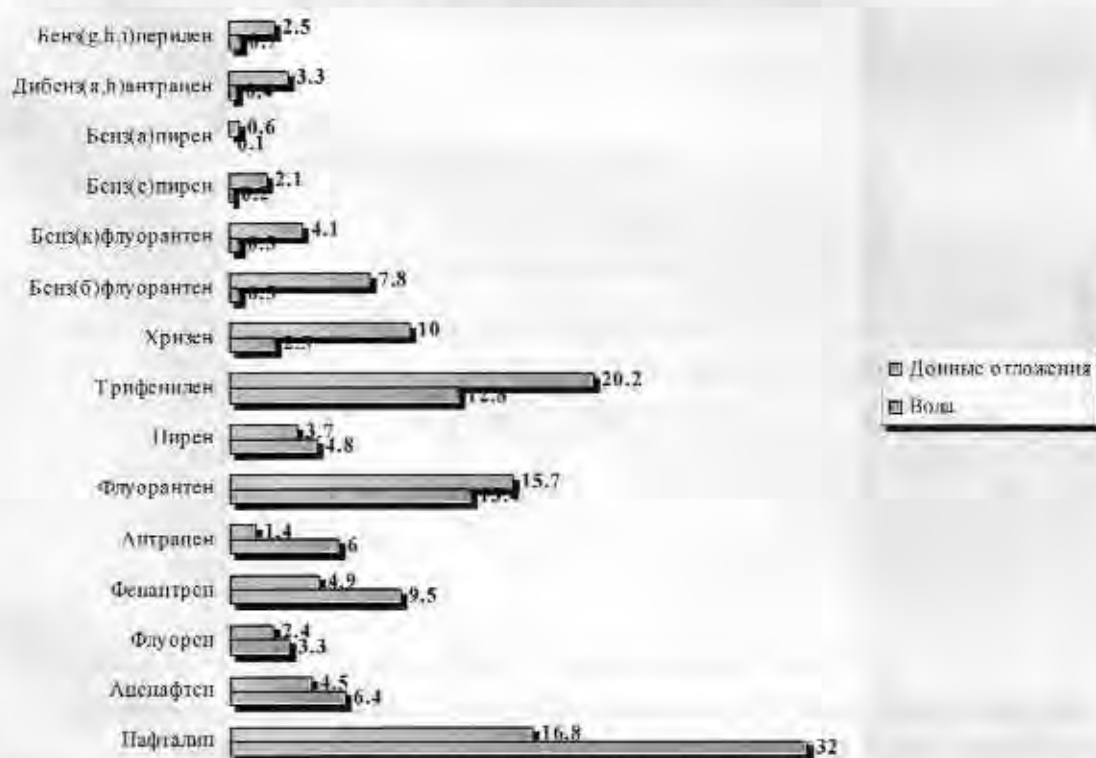


Рис. 3. Массовая доля индивидуальных ПАУ в воде и донных отложениях Азовского моря в период 2005-2007 гг., %.

Fig. 3. Mass fraction of separate PAH in water and bottom sediments of the Azov Sea over the period 2000-2005, %.

Мониторинг загрязнения полиароматическими углеводородами воды и донных отложений Азовского моря, проведенного в различные сезоны 2000-2007 гг., показал,

что для компонентного состава ПАУ в водной толще моря характерно преобладание нафталина, в среднем его доля составляет 32% от суммарной концентрации индивидуальных ПАУ (рис. 3). Значительны доли флуорантена (13,4%), трифенилена (12,8%) и фенантрена (9,5%). В то же время концентрация бенз(а)пирена меняется от следовых количеств до 2,62 нг/л и в среднем составляет 0,1% от суммы идентифицированных соединений. За весь период наблюдений ни в одной из исследуемых проб воды содержание бенз(а)пирена не достигло предельно-допустимой нормы, установленной для воды водоемов – 5,0 нг/л (Беспамятнов, Кротов, 1985).

Частота встречаемости индивидуальных ПАУ в среднем в воде Азовского моря варьирует в пределах 6-73%. По частоте встречаемости преобладают: флуорантен (73%), хризен (60%), фенантрен (58%), трифенилен (35%), нафталин (32%). Бенз(а)пирен встречался в 13% исследованных проб воды (рис. 4). Высокая встречаемость флуорантена, как в воде (73%), так и в донных отложениях (72%) связана с его устойчивостью к процессам трансформации.

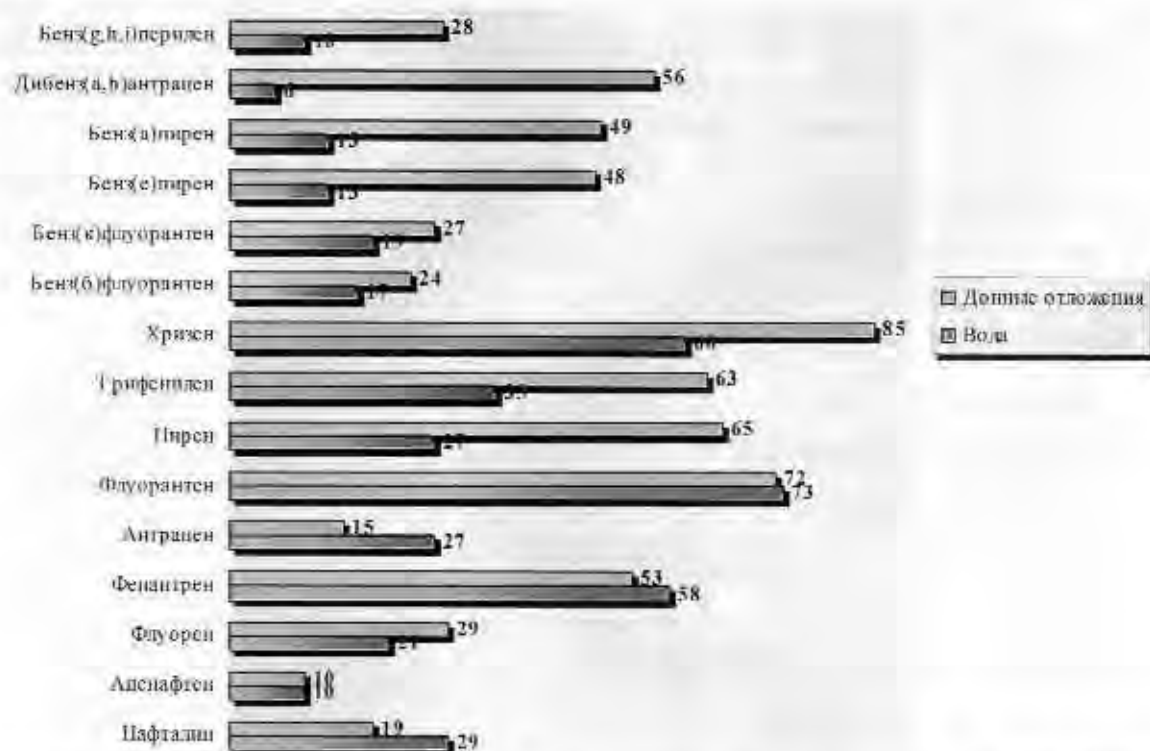


Рис. 4. Частота встречаемости ПАУ в воде и донных отложениях Азовского моря в период 2005-2007 гг., %.
Fig. 4. PAH frequency in water and bottom sediments of the Azov Sea over the period 2005-2007, %.

Состав ПАУ в донных отложениях в основном определяется гидрофобным и дисперсионным взаимодействием индивидуальных полиаренов, а также их устойчивостью к биотрансформации (Петрова и др., 2002). В составе ПАУ донных осадков моря доминируют трифенилен, нафталин и флуорантен, на долю которых приходилось, соответственно, 20,2, 16,8 и 15,7% (рис. 3). Содержание бенз(а)пирена в донных осадках изменялось от следовых количеств до 5,1 мкг/кг, составив в среднем 0,6% от суммы ПАУ.

По частоте встречаемости в донных отложениях индивидуальных ПАУ располагаются в следующем порядке: хризен (85%), флуорантен (72%), пирен (65%), трифенилен (63%),

дибенз(а, h)антрацен (56%), фенантрен (53%) (рис. 4). Частота встречаемости бенз(а)пирена в донных отложениях достигала почти 50%.

Присутствие ПАУ в окружающей среде обусловлено процессами как естественного, так и антропогенного характера. В большинстве работ для оценки «индекса техногенности» обнаруженных полиаренов используется соотношение между углеводородами антропогенного и природного генезиса (Ровинский и др., 1988; Черпова, 1993; Немировская и др., 1997; Немировская, 2005). К углеводородам антропогенного или техногенного происхождения, прежде всего, относят соединения переконденсированного типа (пирены, бензпирены и т.д.), являющиеся продуктами пиролиза органических веществ. Считается также, что флуорантен и бензфлуорантены распространены в природных объектах, измененных антропогенным воздействием (Ровинский и др., 1988).

К полиаренам геохимического фона относят фенантрен и хризен. При этом присутствие фенантрена в морских экосистемах связывают с продуктами трансформации стероидных и ароматических систем, содержащихся в фитопланктоне, морских водорослях и в липидах высших растений (Wakeham et al., 1980).

Степень антропогенного изменения воды и донных осадков под воздействием ПАУ может быть оценена по индексу «техногенности» и доле канцерогенных ПАУ в общей сумме обнаруженных индивидуальных полиаренов (табл.).

Таблица. Характеристика состава ПАУ в водной толще и донных отложениях Азовского моря в период 2005-2007 гг.

Table. Characteristics of PAH composition in water and bottom sediments of the Azov Sea over the period 2005-2007.

Объект	Индекс «техногенности»		% канцерогенных ПАУ	
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее
Водная толща	0,2-2,2	1,0	0,1-56	4,9
Донные отложения	0,4-2,7	1,3	1,5-93	30,4

Известны различные способы расчета индекса «техногенности»: по отношению суммы концентраций бенз(а)пирена, пирена к сумме концентраций хризена, фенантрена (Ровинский и др., 1988) и по отношению суммы концентраций бенз(а)пирена, пирена, флуорантена к сумме хризена, фенантрена, нафталина (Немировская и др., 1997).

Однако бенз(а)пирен обладает низкой стабильностью, плохой растворимостью и относительно низким содержанием в воде и донных осадках. Концентрации же нафталина, напротив, на несколько порядков могут превышать концентрации предложенных выше для расчета индекса полиаренов.

Поэтому при расчете индекса «техногенности» ПАУ, обнаруженных в воде и донных отложениях Азовского моря, бенз(а)пирен и нафталин не учитывались. Использовалось отношение суммы концентраций пирена и флуорантена к сумме концентраций фенантрена и хризена.

Индекс «техногенности» в воде Азовского моря варьировал в пределах 0,2-2,2, составив в среднем 1,0. Полученное значение свидетельствует об отсутствии преобладания антропогенных или природных ПАУ. Четкой зависимости значения индекса от района моря и от времени наблюдений также не отмечено.

В донных отложениях индекс «техногенности» в среднем составил 1,3, т.е. незначительно преобладали «антропогенные» ПАУ. Также как и в воде, четкой зависимости значений индекса, которые варьировали в пределах 0,4-2,7, от района моря и от времени наблюдений не отмечено.

Доля канцерогенных ПАУ в воде моря варьировала от 0,1 до 56%, составив в среднем низкую величину – 4,9%. В донных отложениях доля канцерогенных ПАУ, меняясь в еще более широком интервале – 1,5-93% от суммы идентифицированных ПАУ, в среднем была значительно выше, чем в воде – 30,4% (табл.).

Таким образом, в период 2000-2007 гг. среднегодовые концентрации полициклических ароматических углеводородов в воде Азовского моря менялись от 0,09 до -0,22 мкг/л, в донных отложениях – от 2,3 до 4,7 мг/кг. В воде преобладали 2-х, 3-х-ядерные соединения, в донных отложениях – 4-х, 5-ти-ядерные полиарены.

В течение 2005-2007 гг. встречаемость наблюдений с преобладанием полициклических ароматических углеводородов антропогенного происхождения снизилась как в воде, так и в донных осадках. В составе «техногенных» соединений преобладали полициклические ароматические углеводороды нефтяного происхождения. Отмечено увеличение доли канцерогенных полиаренов: в исследуемый период в воде их доля увеличилась примерно в 2 раза, в донных отложениях – в 3,4 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова З.В., Семенов А.Д., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Режим кислорода и содержание биогенных веществ Азовского моря в многолетнем аспекте. Сб. научн. тр. (1991-1997 гг.): Основные проблемы рыб. хоз-ва и охраны рыбохоз. водоемов Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону, 1998. С. 34-48.

Беспамятнов Г.П., Кротков Ю.А. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985. 528 с.

Немировская И.А. Углеводороды в экосистеме Белого моря // *Океанология*. 2005. Т. 45. №5. С. 678-688.

Немировская И.А., Аникиев В.В., Теобальд Н., Раве А. Идентификация нефтяных углеводородов в морской среде при использовании различных методов анализа // *Журнал аналитической химии*. 1997. Т. 52. №4. С. 172-179.

Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М.: ВНИРО, 1997. 349 с.

Петрова В.И., Куршева А.В., Батова Г.И., Короткова Т.А. Полициклические ароматические углеводороды в донных осадках Кандалакшского залива (Белое море). Сб. *Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз, ситуации, пути развития, решения*. Архангельск: ИЭПС. УрО РАН, 2002. Т. 2. С. 480-485.

Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 224 с.

Слепан Э.И. Трансформирующие элементы и соединения в биосфере и растениях. В кн.: *Изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияние на биосферу*. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. С. 54-58.

Чернова Т.Г. Углеводородные ассоциации в экосистеме Черного моря // *Океанология*. 1993. Т. 33. №1. С. 79-85.

Wakeham G.G., Schaffner G., Giger W. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent lake sediments. II. Compounds derived from biogenic precursors during early diagenesis // *Geochim. cosmochim. acta*. 1980. V. 44. №3. Pp. 415-427.

POLLUTION OF THE AZOV SEA WITH POLYAROMATIC HYDROCARBONS

© 2008 y. L.F. Pavlenko, G.V. Skrypnik, A.A. Klenkin, I.G. Korpakova

Research Institute of the Azov Sea Fishery Problems, Rostov-on-Don

During surveys conducted in different periods of 2000-2007 we studied water and bottom sediments of the Azov Sea polluted with polyaromatic hydrocarbons (PAH). The indices of technogenicity and carcinogenicity rate of PAH found in the sea ecosystem are defined.

УДК 594/1(28)

МОЛЛЮСКИ РОДА *DREISSENA* В ВОДОХРАНИЛИЩАХ МАНЫЧСКОГО КАСКАДА

© 2008 г. Н.А. Небесихина, И.Г. Корпакова

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону 344002

Поступила в редакцию 10.10.2008 г.

Окончательный вариант получен 21.10.2008 г.

Дана оценка популяционных характеристик двух видов дрейссены *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.) в Пролетарском и Веселовском водохранилищах в современный период. Определены размерно-массовая и возрастная структура моллюсков, их распределение по участкам водохранилища, соотношение численности видов, плотность поселения, сезонная динамика, интенсивность воспроизводства. Представлена сравнительная характеристика моллюсков водохранилищ Манычского каскада с таковыми из других водоемов.

ВВЕДЕНИЕ

В Кумо-Манычской впадине в долине р. Западный Маныч расположен каскад Манычских водохранилищ (Пролетарское, Веселовское и Усть-Манычское). В настоящее время рыбохозяйственное значение имеют Веселовское (около 30 тыс. га) и межплотинный участок Пролетарского (4,5-4,8 тыс. га) водохранилищ. Основное ядро малакофауны этих водохранилищ составляют моллюски из рода *Dreissena*, *Unio* и *Anodonta*. Среди них доминирующую позицию по численности до 96-99% занимает род *Dreissena*, представленный *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.). Моллюски *D. polymorpha* относятся к понтот-каспийской фауне (Мордухай-Болотовский, 1960), в этих водоемах впервые были отмечены в конце 70-х годов XX в. (Данченко, 1984). Занимаемый ими ареал ограничивался узкой прибрежной полосой и устьями балок. Средняя биомасса за вегетационный сезон составляла 86-93 г/м². В период с 1979 по 1985 гг., уже при каждом контрольном тралении встречались друзды *D. polymorpha* и среднее значение биомассы составляло 94-657 г/м². Анализ многолетних материалов по питанию ихтиофауны водоемов Манычского каскада показал, что основными потребителями моллюсков являются тарань, лещ, сазан, густера. Кормовое значение имеют особи дрейссены размерами до 14 мм, которые и составляют кормовую фракцию моллюсков (Дахно, 1996; Витковский, 2000).

В период с 1990 по 2000 гг. исследования малакофауны этих водоемов не проводились. Однако в этот период во многих водохранилищах отмечено появление бугской дрейссены – *D. bugensis*, ранее – эндемик Днепровско-Бугского и Ингульского лиманов и нижних участков рек Днепра и Южного Буга. Ряд авторов отмечает тот факт, что во вновь заселяемых водоемах идет активное вытеснение инвазионным видом *D. bugensis* аборигенного вида – *D. polymorpha* (Антонов др., 2001; Львова, 2002; Orlova, 2004; Виноградов, Биочино, 2005).

В связи с этим, целью настоящего исследования стала оценка популяционных характеристик двух видов дрейссены в Пролетарском и Веселовском водохранилищах в современный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для количественной оценки популяций дрейссены проанализировано 60 проб, отобранных в 2007 г. на 16 станциях в Веселовском водохранилище и на 6 станциях в

межплотинном участке Пролетарского водохранилища. Отбор материала осуществляли с использованием донных драг различной конструкции с коэффициентом уловистости 0,31. Продолжительность учетного траления составляло 15 мин., скорость – 1,5 м/сек. На каждой станции определяли общую численность и биомассу дрейссен.

Размерно-весовую и возрастную структуры популяций исследовали по образцам, отобранным с различных видов субстратов. Проанализировано 5 345 экз. моллюсков из них *D. polymorpha* – 3 981 экз., *D. bugensis* – 1 364 экз. Для оценки сезонной динамики размерно-весовых характеристик использовали образцы, отобранные в мае, июле и сентябре 2008 г. в верхнем плесе Веселовского водохранилища. Длину особей измеряли штангенциркулем (до 0,1 мм) между двумя наиболее удаленными точками раковины. Мелких особей взвешивали на торсионных весах, а крупных на электронных (до 0,001 г). Возраст дрейссены определяли по числу четко сформированных на створках раковин годовых колец и размерно-весовой структуре популяции (Фроленко, 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время моллюски занимают всю акваторию водохранилищ, за исключением участков с невозстановленными илами. Дрейссена в исследуемых водоемах встречается на разных субстратах – высшей водной растительности, раковинах моллюсков рода *Unio* и *Anodonta*, а также формирует разновозрастные друзы. Следует отметить, что практически на каждой станции в Веселовском водохранилище отмечаются совместные поселения двух видов дрейссен – *D. polymorpha* и *D. bugensis*. На рисунке представлено процентное соотношение численности *D. polymorpha* и *D. bugensis* по станциям. Так, максимальная численность *D. bugensis* зарегистрирована в Веселовском водохранилище на станциях Малая Садковка, Большая Садковка, остров Дальний и в районе поселка Фрунзе, на остальных станциях водохранилища незначительно преобладает *D. polymorpha*. В Пролетарском водохранилище доминируют моллюски *D. polymorpha* – 74%, а *D. bugensis* встречается только в приплотинной зоне, составляя 26% численности. Связано это, по всей видимости с тем, что проникновение *D. bugensis* в систему Мапычских водохранилищ шло со стороны реки Дон, а Пролетарское водохранилище является верхним в каскаде. Активного судоходства между Веселовским и Пролетарским водохранилищами в настоящее время не осуществляется, поэтому пути инвазии *D. bugensis* весьма ограничены.

На соотношение численности двух видов дрейссен в водохранилищах существенное влияние оказывает кислородный режим. Так на станции Юла (Веселовское водохранилище) – мелководном участке, значительно заросшем водной растительностью и где часто наблюдается дефицит растворенного кислорода моллюски *D. bugensis* не регистрируются. На этот факт указывают и данные П.И. Антонова, С.В. Козловского (2001) по Саратовскому и Г.А. Виноградова, Биочино (2005) по Рыбинскому водохранилищам.

Одним из показателей состояния популяции является оценка плотности поселения ее в водоеме. Максимальные величины распределения плотности численности и биомассы моллюсков р. *Dreissena* отмечены в Веселовском водохранилище – балка Галовая 15 180 экз./м² и 8 197 г/м² и у острова Жеребков – 17 480 экз./м² и 9 614 г/м² соответственно (табл. 1), а в Пролетарском водохранилище у устья р. Егорлык – 3 227 экз./м² и 2 259 г/м² (табл. 2). Минимальные значения этих величин у устья р. Средний Егорлык – 172 экз./м² и 31 г/м² и

балка Юлая – 77 экз./м² и 104 г/м² (Пролетарское водохранилище) и приплотинной зоне Веселовского водохранилища – 165 экз./м² и 76 г/м².

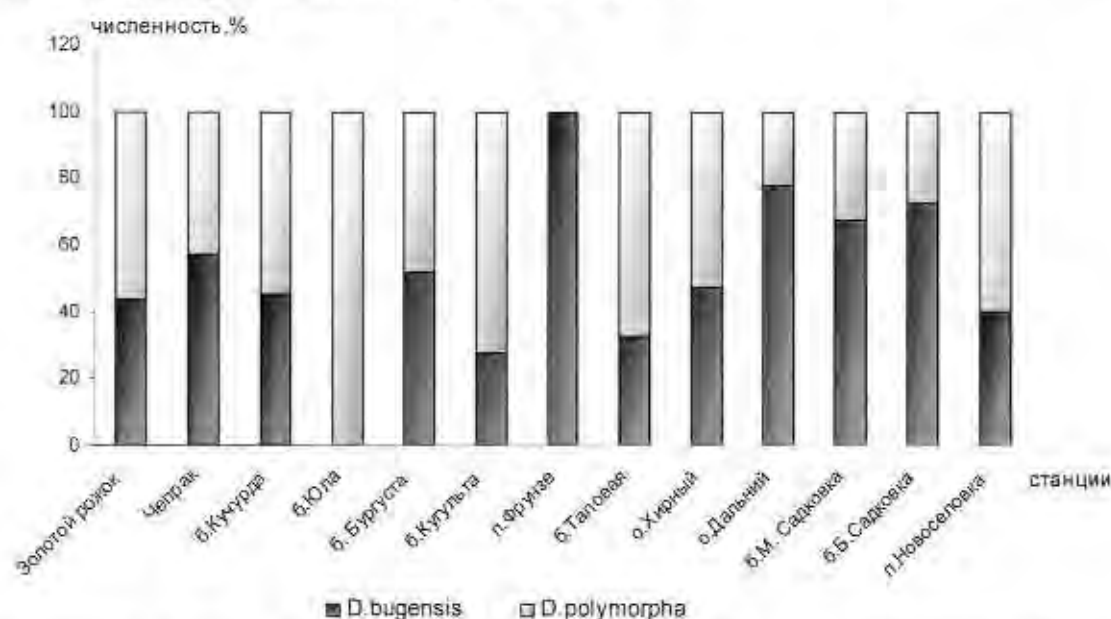


Рис. Процентное соотношение численности моллюсков рода *Dreissena* по станциям в Веселовском водохранилище.

Fig. Percent abundance of the bivalves *Dreissena* per each station in Veselovskoye reservoir.

Таблица 1. Плотность распределения численности и биомассы моллюсков рода *Dreissena* в Веселовском водохранилище в летне-осенний период, 2007 г.

Table 1. The abundance density and biomass of the bivalves *Dreissena* in Veselovskoye reservoir in the summer-autumn period of 2007.

Станция	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Средняя масса особи, г
Золотой рожок	2213	354	0,16
Чепрак	2076	789	0,38
б.Кузурда	1897	683	0,36
б.Юла	1997	759	0,38
б.Ельмута	1000	430	0,43
б.Бургуста	2406	1275	0,53
б.Кугульта	1368	506	0,37
п.Фрунзе	1755	1123	0,64
б.Таловая	15180	8197	0,54
о.Жеребков	17480	9614	0,55
о.Хирный	369	266	0,72
о.Дальний	971	340	0,35
б.М. Садковка	553	304	0,55
б.Б. Садковка	4049	1822	0,13
п.Новоселовка	253	114	0,45
Приплотинная зона	165	76	0,46
Среднее значение по водохранилищу	3358	1666	0,44

Анализ данных о распределении дрейссен в зависимости от глубины и характера биотопа показывает, что на мелководьях, где активно развита высшая водная растительность, преобладают особи меньших размерно-весовых групп, что согласуется с данными, полученными М.И. Калайдой (2004) для Куйбышевского водохранилища. На русловых участках, дрейссенны предпочитают селиться на раковинах *Unio* и *Anodonta*; в размерно-весовом составе дрейссен доминировали более крупные моллюски. Наибольшая биомасса в водохранилищах отмечена на илистых грунтах, которые приурочены к балкам с преобладающими глубинами – 3 м. Сходные результаты получены А.Ю. Карагаевым (1983) по моллюскам в оз. Лукомльском.

Таблица 2. Плотность распределения численности и биомассы моллюсков рода *Dreissena* в Пролетарском водохранилище (межплотинный участок) в летне-осенний период, 2007 г.

Table 2. The abundance density and biomass of the bivalves *Dreissena* in Proletarskoye reservoir in the summer-autumn period of 2007.

Станция	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²	Средняя масса особи, г
Подкова	2289	847	0,37
б. Кульгайка	2027	973	0,48
б. Голая	77	104	1,35
б.Козинка	1594	1020	0,64
б.Куная	1350	675	0,50
Ср. Егорлык	172	31	0,18
Егорлык	3227	2259	0,70
Приплотинная зона	1823	784	0,43
Среднее значение по водохранилищу	1570	837	0,58

В размерно-весовой структуре популяции дрейссенны четко прослеживается сезонная динамика (табл. 3). Весной популяция *D. polymorpha* в Веселовском водохранилище была представлена особями размером от 2 до 29 мм и массой от 2 до 1 864 мг. В этот период наблюдается три ярко выраженные группы модальных размеров, где максимум численности (59%) приходится на моллюсков длиной от 4 до 11 мм и массой от 8 до 116 мг – особи летне-осеннего нереста предыдущего года. Появление в начале мая молоди длиной 2 мм, когда температура воды ниже нерестовых, опираясь на работы С.М. Ляхова и В.П. Михеева (1964), можно объяснить оседанием особей, которые не успели осенью развиваться до дефинитивной стадии и перезимовали в личиночной форме. Этот факт говорит о том, что оседание велигеров происходит в течение всего вегетационного периода. Летом как для *D. polymorpha*, так и *D. bugensis* характерно сокращение вариационного ряда моллюсков за счет элиминации старших возрастных групп; популяции в этот период представлены особями размером от 2 до 21 мм, где основу общей численности (57%) составляют особи от 8 до 12 мм массой от 29 до 139 мг. В осенний период размерный ряд у *D. polymorpha* был представлен моллюсками от 1 до 28 мм, при этом увеличение численностишло за счет сеголеток (3-8 мм), что составило 68% численности популяции. Вариационный ряд *D. bugensis* был шире и представлен особями размером от 1 до 32 мм; на долю сеголеток приходилось 52% численности. Увеличение доли сеголеток к осени свидетельствует о благополучном пересте моллюсков в текущем сезоне и указывает на недоиспользованность их потенциальными потребителями. По данным ФГУП «АзНИИРХ» за последние годы резко снизилась численность сазана, леща и тарани в Веселовском и Пролетарском водохранилищах.

Таблица 3. Сезонная динамика размерно-весовых характеристик моллюсков рода *Dreissena* в водохранилищах Маньчского каскада.

Table 3. Seasonal dynamics of size-weight characteristics of the bivalves *Dreissena* in the water reservoirs of the Manych Cascade.

Сезон	Вид моллюска	Длина, мм		Масса, мг		Средняя масса особи, мг
		min	max	min	max	
Весна	<i>D. polymorpha</i>	2	29	2	1864	191
Лето	<i>D. polymorpha</i>	4	21	4	693	104
	<i>D. bugensis</i>	4	19	4	431	127
Осень	<i>D. polymorpha</i>	1	28	1	1769	124
	<i>D. bugensis</i>	1	32	1	2711	232

Популяции *D. polymorpha* и *D. bugensis* в водохранилищах Маньчского каскада представлены четырьмя возрастными группами. В весенний период на долю годовиков у этих видов приходится 52% численности, которые составляли 8% общей биомассы популяции. В летний период основу популяции составляют двухлетки 79% численности и 56% биомассы. В осенний период у *D. bugensis* доминирующие по численности сеголетки составляли 54% и 2% от общей биомассы. Основу популяции *D. polymorpha* составляли сеголетки и двухлетки – 84% от общей численности. Абсолютный максимум, как по численности, так по биомассе принадлежит двухлеткам – 44% и 45% соответственно. Анализ возрастной структуры двух видов дрейссен в Пролетарском и Веселовском водохранилищах указывает на устойчивый характер интенсивности воспроизводства, который связан с благоприятным температурным и уровневый режимами, что выгодно отличает их от водоемов верхней Волги.

ВЫВОДЫ

В настоящее время, в Пролетарском водохранилище доминирующим видом (74%) остается *D. polymorpha*. Численность *D. bugensis* в Веселовском водохранилище уже составляет около 50% от общей численности, что отражает высокую экологическую пластичность этого вида в новых условиях. Основу популяций каждого из видов составляют особи младших возрастных групп, что свидетельствует о высоком темпе воспроизводства. На основании полученных данных, можно отметить, что популяции моллюсков *D. polymorpha* и *D. bugensis* в Пролетарском и Веселовском водохранилищах находятся в благополучном состоянии. Потенциал их как кормового ресурса в настоящее время недоиспользован.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов П.И., Козловский С.В. О самопроизвольном расширении ареалов некоторых попто-каспийских видов по каскадам водохранилищ. Амер.-рос. симп. по инвазионным видам: Тез. докл. Борок, 2001. С. 18-20.
- Виноградов Г.А., Буочино Г.И. Физиологические особенности моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.), обитающих в Рыбинском водохранилище // Биология внутренних вод. 2005. №3. С. 74-78.
- Витковский А.Л. Современное состояние ихтиофауны водохранилищ Маньчского каскада: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2000. 24 с.
- Данченко Э.В. Кормовая база рыб Веселовского и Пролетарского водохранилищ. Фонды АзНИИРХ. 1984. 90 с.

Дыхно В.Д. Биологические основы интенсивного рыбного хозяйства на водохранилищах с повышенной минерализацией (на примере Веселовского и Пролетарского водохранилищ); Дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 1986. 287 с.

Калийда М.Л. *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.) (Mollusca, Bivalvia) в верхней части Куйбышевского водохранилища // Биология внутренних вод. 2004, №3. С. 60-67.

Каратаев А.Ю. Экология *Dreissena polymorpha* Pallas и ее значение в макрозообентосе водоема-охладителя тепловой электростанции: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1983. 20 с.

Львова А.А. Многолетние исследования популяции дрейссены (Bivalvia, Dreissenidae) Учинского водохранилища. Сб. Актуальные проблемы водохранилищ: Всероссийская конференция с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Борок, 29 окт.-3 нояб., 2002: Тез. докл. Ярославль, 2002. С. 185-187.

Ляхов С.М., Михеев В.П. Распределение и количество дрейссены в Куйбышевском водохранилище на седьмом году его существования. Сб. Биология дрейссены и борьба с ней. М.-Л.: Наука, 1964. С. 3-18.

Мордухай-Болотовский Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 288 с.

Фроленко Л.Н. Зообентос Азовского моря в условиях антропогенных воздействий: Дис. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2000. 158 с.

Orlova M.I., Muirhead J.R., Antonov P.I. et al. Range expansion of quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* in the Volga River and Caspian Sea basin // Aquat. Ecol. 2004, V. 38, №4, Pp. 561-573.

THE BIVALVES *DREISSENA* IN WATER RESERVOIRS OF THE MANYCH CASCADE

© 2008 y. N.A. Nebesikhina, I.G. Korpakova

Research Institute of the Azov Sea Fishery Problems, Rostov-on-Don

Population dynamics of two bivalves, *Dreissena polymorpha* (Pall.) and *Dreissena bugensis* (Andr.), living today in Proletarskoye and Veselovskoye reservoirs have been analyzed. Size-weight and age structure of these freshwater mussels, their distribution in the water reservoirs, ratio of species abundance, density of settlements, seasonal dynamics and the intensity of their reproduction are discussed. The bivalves from the reservoirs of the Manych cascade are compared with the same species from other reservoirs.