

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ **КАСПИЙСКОГО МОРЯ** на УСТОЙЧИВОСТЬ РЯДА ЭЛЕМЕНТОВ ЭКОСИСТЕМЫ ЕГО СЕВЕРНОГО РЕГИОНА

**Проанализирована матрица данных, составленная по литературным и фондовым материалам, в которую по годам с 1935 по 2005 гг. включены среднегодовые значения климатических, гидрологических, гидрохимических и биологических показателей состояния природной среды Северного Каспия (всего 119 показателей). В результате получены зависимости изменения ряда показателей фито- и зоопланктона, некоторых видов макрозообентоса, являющихся кормовыми объектами ценных промысловых рыб, осетровые рыбы, от уровня моря.**

## Введение

За время регулярных инструментальных наблюдений, которые ведутся с 1837 г., уровень Каспийского моря был подвержен значительным колебаниям. Целью настоящего исследования является установление воздействия изменения уровня Каспийского моря на видовой состав, динамику, стабильность и разнообразие водных экосистем. Для этого с использованием расчетов коэффициентов парной корреляции ( $r$ ) проанализирована матрица данных, составленная по литературным и фондовым материалам, в которую по годам с 1935 по 2005 гг. включены среднегодовые значения климатических, гидрологических, гидрохимических и биологических показателей состояния природной среды Северного Каспия (всего 119 показателей). В результате получены зависимости изменения ряда показателей фито- и зоопланктона, некоторых видов макрозообентоса, являющихся кормовыми объектами ценных промысловых и осетровых рыб от уровня моря.

## Результаты и их обсуждение

**В**оздействие изменения уровня моря на гидрохимию и биологическую продуктивность вод

За период 1978-2002 гг. значимо сократилось количество загрязняющих веществ, выносимых Волгой, что объясняется спадом производства. За 1938-1987 гг. количество биогенов (фосфатов и кремния), выносимых реками, также сократилось (табл. 1), что связано с регулированием стока, при котором значительная часть загрязняющих веществ оседает на дне водохранилищ, а также общим снижением стока и скорости течения Волги. По данным 1978-2001 гг. обнаружены значимые отрицательные корреляции уровня моря с растворенными в воде биогенами в январе:  $\text{PO}_4$  ( $r = -0,5$  для при  $f = 24$   $P = 0,99$ ),  $\text{Si}$  ( $r = -0,66$  для при  $f = 24$   $P = 0,99$ ),  $\text{NH}_4$  ( $r = -0,6$  при  $f = 22$  для  $P = 0,99$ ), с загрязняющими веществами — содержанием фенолов в воде летом в июле ( $r = -0,5$  при  $f = 22$   $P = 0,99$ ) и зимой в январе ( $r = -0,7$  при  $f = 18$   $P = 0,99$ ), что указывает на эффект разбавления этих веществ при повышении уровня моря. Среднегодовые показатели изменения за данный период солености ( $r = -0,0$ ), pH ( $r = -0,1$ ), содержания растворенного кислорода ( $r = -0,1$ ) с уровнем моря достоверно не связаны.

Вслед за общим падением уровня моря и сокращением биогенов за период 1934-2004 гг. значимо сокращается первичная продукция открытого моря и прибрежных вод Северного Каспия, биомасса фитопланктона, в частности, диатомовых водорослей, развитие которых нуждается в кремнии (табл. 1, рис. 1). Эта тенденция сохранилась и в период повышения уровня моря, вероятно, в связи с регулированием сто-

**Н.Н. Митина\***,  
доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук; заместитель заведующего кафедрой «Отраслевое и природно-ресурсное управление» факультета Государственного управления, профессор кафедры, ФГОУ ВПО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

\*Адрес для корреспонденции: natalia\_mitina@mail.ru

Таблица 1

Динамика показателей компонентов подводных природных комплексов Каспийского моря за период конца XIX — начала XXI вв.

Показатель	$r$ показатель — годы	Период наблюдений, годы	$f$ — число степеней свободы $= m - 2$	$P$ = доверительная вероятность
Многолетние изменения количества кремния в Северном Каспии (тыс. т), апрель-июнь	-0,66	1938-1987	21	0,99
Многолетние изменения выноса фосфатов с волжскими водами в половодье в Северный Каспий (тыс. т), апрель-июнь	-0,59	1936-1978	37	0,99
Сток фосфатов за год, (Р, тыс. т)	-0,6	1949-1969	23	0,99
Первичная продукция открытого моря Северного Каспия ( $O_2$ мл/л/сут), июнь-август	-0,66	1977-2000	19	0,99
Среднегодовая биомасса фитопланктона ( $г/м^3$ ) Северного Каспия	-0,54	1934-2004	31	0,95
Первичная продукция фитопланктона (глюкоза, млн. т/мес.) Северного Каспия, август	-0,49	1936-1978	32	0,99
Биомасса диатомовых водорослей ( $г/м^3$ ) Северного Каспия, июнь	-0,6	1936-2002	18	0,99
Биомасса диатомовых водорослей ( $г/м^3$ ) Северного Каспия, август	-0,47	1934-1986	20	0,95
Биомасса зоопланктона ( $мг/м^3$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,49	1933-1988	75	0,99
Среднегодовая биомасса зообентоса ( $г/м^2$ ) Северного Каспия	0,38	1935-2006	64	0,99
Среднегодовая биомасса зообентоса ( $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия	0,48	1935-2005	58	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (моллюски, $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,48	1935-1984	42	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (дрейссена, $г/м^2$ ) восточной части Северного Каспия, июнь	-0,5	1935-1987	42	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (дидакна, $г/м^2$ ) восточной части Северного Каспия, июнь	0,52	1935-1987	42	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (олигохеты, $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,72	1935-1987	42	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (все черви, $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,73	1935-1987	42	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (ракообразные, $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,8	1935-1987	42	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (все группы, $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,68	1935-1987	42	0,99
Среднегодовая биомасса бентоса (тыс. т) Северного Каспия, июнь	-0,6	1930-2004	10	0,95
Среднегодовая биомасса морских форм бентоса (моллюски, $г/м^2$ ) западной части Северного Каспия, июнь	0,49	1935-2003	44	0,99

Среднегодовая биомасса морских форм бентоса (черви — nereis, г/м <sup>2</sup> ) восточной части Северного Каспия, июнь	0,83	1957-1987	39	0,99
Среднегодовая биомасса морских форм бентоса (все группы, г/м <sup>2</sup> ) западной части Северного Каспия, июнь	0,52	1935-2004	44	0,99
Улов полупроходных рыб (вобла, тыс.т) в Северном Каспии	-0,82	1933-1989	54	0,99
Улов полупроходных рыб (судак, тыс. т) в Северном Каспии	-0,9	1932-1989	56	0,99
Среднегодовая биомасса средиземноморских солонолюбивых видов (нереис, абра, паранестодерма, г/м <sup>2</sup> ) — кормовой базы взрослых осетровых рыб	0,74	1935-1971	31	0,99
Среднегодовая биомасса прибрежных слабосолоновато-водных и эвригалинных видов (хиронимиды, амфаретиды, олигохеты, ракообразные, г/м <sup>2</sup> ) — кормовой базы леща, молоди воблы, молоди осетровых рыб	0,71	1933-1974	31	0,99
Площадь нерестилищ осетра на Нижней Волге (га)	-0,97	1938-1990	31	0,99
Численность (тыс. шт.) нерестового стада осетровых (севрюга — Волга, тыс. шт.) в Северном Каспии	0,44	1965-1990	24	0,95
Количество производителей севрюги (тыс. шт.), пропущенных за год на нерестилища Нижней Волги	0,67	1962-1990	27	0,99
Улов осетровых рыб в Каспийском море (Иран, тыс. т/год)	0,59	1929-1998	68	0,99
Добыча осетровых рыб в Каспийском бассейне (без Ирана, тыс. т)	-0,32	1898-2003	100	0,99

ка Волги и заменой реофильных видов на лимнофильные.

*Многолетняя динамика биомассы зообентоса северной части Каспийского моря*

В Каспийском море к бентосу относятся 502 вида, среди них по числу видов доминируют моллюски (119 видов), амфиподы (74) и олигохеты (31 вид). Среди видов донных беспозвоночных, появившихся в Каспийском море в последнем столетии, наибольшее развитие получили полихеты *Nereis diversicolor*, двустворчатые моллюски *Abra ovata* и *Mytilaster lineatus*. После преднамеренного вселения в 1939-1948 гг. они сформировали многочисленные популяции и существенно изменили структуру донных сообществ Каспия. Большинство мелких полихет (*Ampharete*) собирают частицы растительного детрита с поверхности грунта или отцеживают их из придонного слоя воды. Крупные полихеты (*Nereis*) всеядны, поглощают поверхностный слой осадка вместе с остатками водорослей и мелкими животными. Донные ракообразные (*Amphipoda*, *Cumacea*, *Mysidae*) питаются водорослями и детритом. Многие виды обнаружива-

**Б.М. Малашенков**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук, доцент кафедры «Отраслевое и природно-ресурсное управление» факультета Государственного управления ФГОУ ВПО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ют приуроченность к определенным типам грунта. Например, *Didacna trigonoides* образует поселения наибольшей плотности на ракушечных и илисто-ракушечных грунтах, а моллюски *Abra* и *Cerasroderma*, полихеты *Nereis* широко распространены на грунтах с примесью ила. Массовое развитие большинства видов пресноводного и автохтонного комплексов наблюдается в северной части моря на глубинах до 6 м, а их наибольшая биомасса приурочена к устьевым областям рек [1].

Тренд динамики биомассы бентоса и его разновидностей был неоднородным и зависел от изменений уровня моря. На рис. 2 тренд динамики биомассы бентоса в зависимости от уровня Каспия показывает, что данные два показателя находятся в противофазе, но при этом  $r = -0,2$ . В период стабилизации уровня моря в Северном Каспии было отмечено уменьшение биомассы бентоса. За период снижения уровня моря 1935-1987 гг. в целом возросло количество как прибрежных и солоноватоводных, так и морских форм бентоса, особенно червей и, в частности, нереиса (табл. 1).

многолетние изменения биомассы фитопланктона Северного Каспия, г/м<sup>3</sup>.

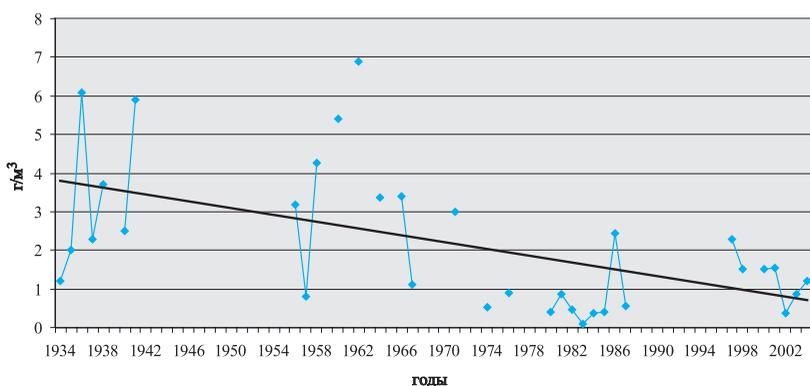


Рис. 1. Изменение биомассы фитопланктона в Северном Каспии за 1934-2004 гг.

В распределении общего бентоса между западными и восточными пастбищами приоритет имел западный район, и если в 1973-1977 гг. количественные показатели в развитии донных беспозвоночных на западе были почти в два раза выше, то в период повышения уровня моря эта разница увеличилась до четырех раз (рис. 3).

Тренд биомассы зоопланктона изменялся так же, как и тренд биомассы зообентоса, т.е. в зависимости от уровня моря с общей тенденцией к повышению в 90-е годы XX века (табл. 1, рис. 4).

Данная взаимозависимость указывает, с одной стороны, на сложность трофической сети Северного Каспия, а с другой — на преобладание в биомассе зоопланктона

**Ключевые слова:** изменение уровня Каспийского моря, динамика сообществ, фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос, ценные промысловые рыбы, осетровые рыбы

в июне видов зообентоса, находящихся на ранней (планктонной) стадии развития.

### Многолетняя динамика икhtiофауны в Каспийском море

За исторический период 1913-1998 гг. сократились уловы всех видов рыб, исключая уловы осетровых рыб в Иране (табл. 1). Значительно сократились площади нерестилищ осетровых рыб, при этом выросли кормовые ресурсы как осетровых рыб, так и полупроходных видов (табл. 1). При сопоставлении биомассы бентоса и уловов осетровых рыб мы получили значимые положительные корреляции ( $r = 0,47$  для  $P = 0,99$ ), при этом смещая показатели биомассы бентоса по отношению к уловам осетровых, корреляции возрастали до 0,699 при смещении биомассы бентоса на семь лет вперед, учитывая т.н. «волны жизни» (рис. 5).

Полученные результаты планируется использовать для разработки рекомендаций по рациональному использованию природных ресурсов и восстановления деградированных экосистем Каспийского моря.

### Заключение

К числу важнейших воздействий, оказывающих влияние на стабильное экологическое состояние Каспийского моря, относится изменение его уровня. Отслежено три периода изменения уров-

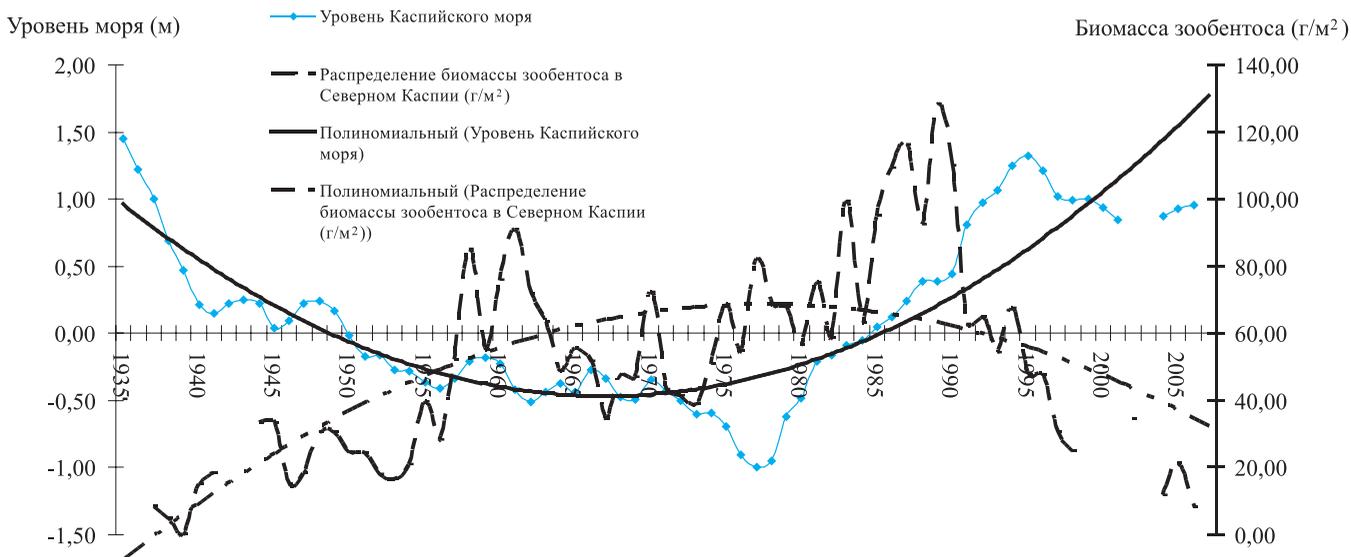


Рис. 2. Динамика биомассы зообентоса в Северном Каспии [2-4] и уровня Каспийского моря [5] по данным 1935-2005 гг.

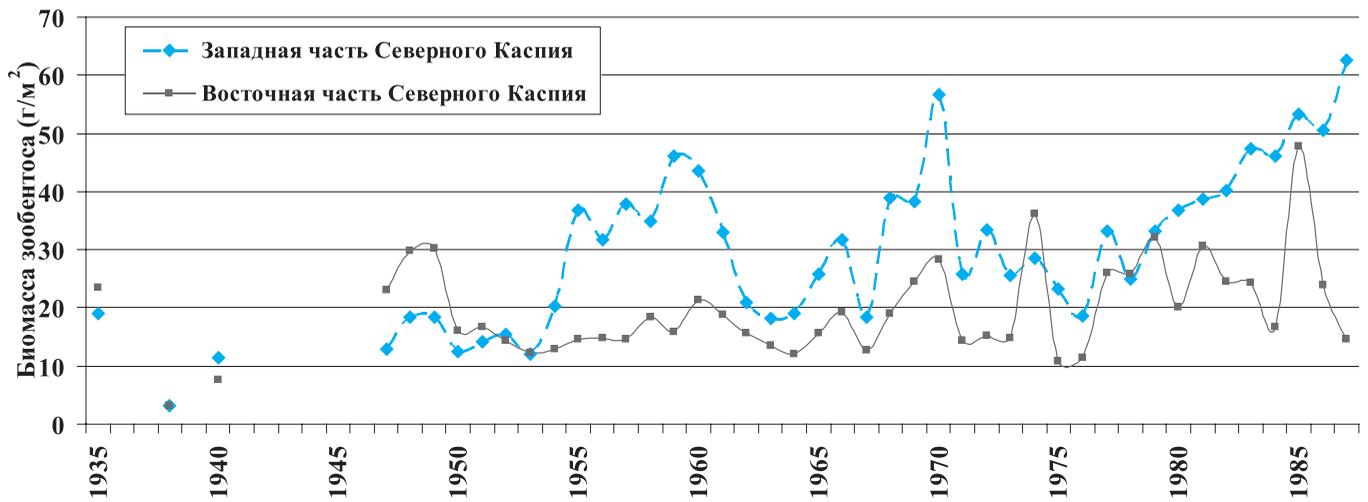


Рис. 3. Динамика биомассы ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) прибрежных и солоноватоводных форм зообентоса в западной и восточной частях Северного Каспия (июнь).

ня Каспия и вслед за ним — изменения качественного и количественного состава сообществ гидробионтов. Первый период, до 1933 г. — период относительной стабильности уровня моря, второй (1933-1977 гг.) — период понижения уровня во время заполнения водохранилищ, третий (с 1978 г.) — период колебательных движений с итоговым повышением уровня.

В период падения уровня Каспийского моря в 1933-1978 гг. и снижения биомассы фитопланктона биомасса зоопланктона значительно возрастает, а в период повышения уровня моря биомасса снижается (данные 1933-2005 гг.), что указывает на сложную, разветвленную трофическую сеть в Северном регионе Каспийского моря.

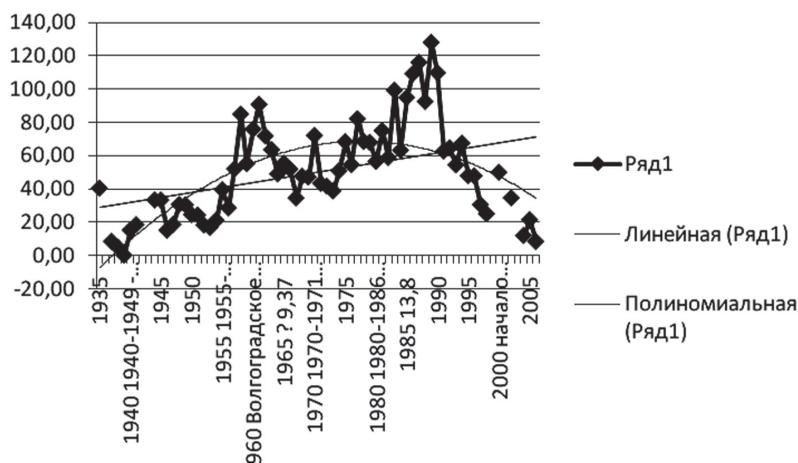


Рис. 4. Динамика биомассы зоопланктона северной части Каспийского моря.

Уровень Каспийского моря и биомасса бентоса Северного Каспия взаимосвязаны и находятся в противофазе (данные 1935-2005 гг.). Тренд изменения биомассы зоопланктона соответствует тренду изменения биомассы зообентоса, показывая, что зоопланктон, в основном, относится к т.н. «временным представителям», т.е. к видам зообентоса, находящимся в июне в личиночной стадии развития.

Падение уровня моря не сказалось отрицательно на биомассе различных форм бентоса. Мы наблюдаем и в западной, и в восточной частях Северного Каспия увеличение биомассы как солоноватоводных, так и морских форм, за исключением двусторчатого моллюска дрейссены — показателя чистоты вод (данные 1935-2005 гг.). Особенно выросла биомасса червей как менее чувствительных к загрязнению вод видов и, в частности, nereisа, специально интродуцированного в качестве кормового вида ихтиофауны.

Кормовую базу ценных проходных и полупроходных видов рыб в значительной степени определяют представители зообентоса. В период падения уровня моря биомасса как солонолюбивых, так и прибрежных слабосоленатоводных и эвригаллиных кормовых видов в Северном Каспии значительно возросла (данные 1933-1974 гг.).

При сопоставлении биомассы бентоса и уловов осетровых рыб получены значимые положительные корреляции ( $r = 0,47$  для  $P = 0,99$ ), при этом учитывая т.н. «волны жизни», т.е. сдвига показатели биомассы бен-

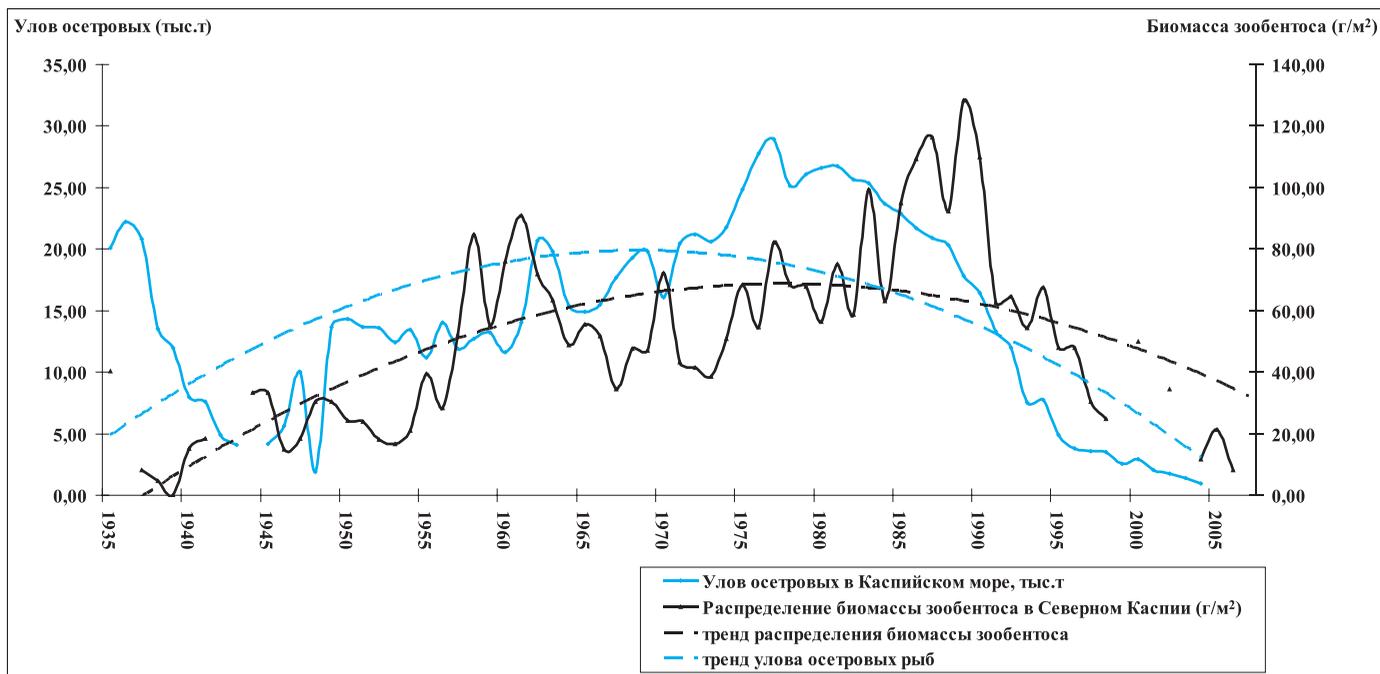


Рис. 5. Уловы осетровых рыб (тыс. т) и биомасса донных беспозвоночных, являющихся их кормовой базой (г/м<sup>2</sup>).

тоса по отношению к уловам осетровых на 7 лет, корреляции возрастали до  $r = 0,7$  ( $P = 0,99$ ), (данные 1928-2000 гг.). Получено, что чем обильнее пища производителей, тем обильнее их нерест, выше жизнестойкость половых продуктов, оплодотворенной икры и личинок, а через 6-8 лет, когда вылупившиеся из икры мальки достигнут промыслового возраста, соответственно, будет большим их промысловое стадо и их улов.

## Литература

1. Яблонская Е. А. Влияние океанологических условий на формирование бентоса. Гидрометеорология

и гидрохимия морей. Каспийское море. Т. VI, Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности / Е. А. Яблонская, В. Ф. Осадчих СПб: Гидрометеоиздат, 1996. С. 263–278.

2. Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Пищ. пром., 1968.

3. Атлас основных кормовых организмов рыб Нижней Волги и Каспийского моря. — Астрахань: КаспНИРХ, 2002. 394 с.

4. Биологическая продуктивность Каспийского моря. М.: Наука, 1974. 245 с.

5. Фролов А. В. Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. М.: ГЕОС, 2003. 174 с.

N.N. Mitina, B.M. Malashenkov

## INFLUENCE OF CHANGES OF THE CASPIAN SEA LEVEL ON RESISTANCE OF SOME COMPONENTS OF NORTH REGION ECOSYSTEM OF THE SEA

Data of literature and fund materials over a period of 1935-2005 years were analyzed. The data conclude 119 parameters such as climatic, hydrological, hydrochemical and biological annual average values for the North Caspian environmental. Dependences of parameters of some macrozoobenthos species which are food for commercially valuable fish on a sea level were revealed.

**Key words:** change of the Caspian Sea level, community dynamics, phytoplankton, zooplankton, macrozoobenthos, commercially valuable fish, sturgeons