

Каспийский филиал ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН
ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»
ООО «НИЦ экологического мониторинга и аудита»



ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Астрахань 2016

Каспийский филиал ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН
ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»
ООО «НИЦ экологического мониторинга и аудита»

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Ответственные редакторы:
доктор биологических наук А.А. Курапов
кандидат географических наук Е.В. Островская

Астрахань
2016

УДК 504.42, 574.52

ББК 26.221:28.082

Т78

Влияние природных и антропогенных факторов на состояние биологических сообществ Северного Каспия / Отв. ред. А.А. Курапов, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2016. – 319 с.

ISBN 978-5-91910-516-9

В книге, состоящей из 2-х частей, представлены результаты многолетних исследований влияния природных и антропогенных факторов на естественную биологическую продуктивность полупроходных рыб дельты Волги и зообентоса западной части Северного Каспия. В первую часть книги включены исследования состояния биологических сообществ в период до начала освоения нефтегазовых месторождений на Северном Каспии. Вторая часть обобщает первые результаты оценки воздействия собственно нефтегазодобывающей деятельности на морскую биоту.

Книга предназначена для широкого круга специалистов в области охраны водных биоресурсов.

© Каспийский филиал ИО РАН, 2016

© ФГБУ «КаспМНИЦ», 2016

© ООО «НИЦ экологического мониторинга и аудита», 2016

© Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ	10
ГЛАВА 1. Природные и антропогенные процессы как факторы воздействия на среду обитания и урожайность полупроходных рыб в устьевой области Волги (<i>Е.Н. Макарова, С.К. Монахов, Н.В. Попова</i>).....	10
1.1. Биология, экология и промысел полупроходных рыб в Волго-Каспийском бассейне (на примере воблы и леща)	10
1.2. Влияние речного стока на воспроизводство воблы и леща	18
1.3. Влияние загрязнения устьевой области Волги на состояние ее ихтиофауны.....	25
1.4. Материалы и методы исследования	29
1.5. Совместное влияние регулирования стока и его естественных колебаний на режим половодья и урожайность воблы и леща.....	34
1.5.1. Вклад регулирования стока и его естественных колебаний в изменчивость стока половодья в дельте Волги	35
1.5.2. Анализ совместного влияния зарегулирования стока и его естественных колебаний на режим половодья и урожайность воблы и леща.....	37
1.5.3. Влияние зарегулирования стока на гидрологические условия и урожайность воблы и леща в годы различной водности.....	40
1.5.4. Влияние естественных колебаний водности на гидрологические условия и урожайность воблы и леща до и после зарегулирования стока р. Волги	52
1.5.5. Расчет (прогноз) гидрологических параметров половодья и урожайности воблы и леща.....	86
1.6. Влияние загрязненности вод мелководной зоны устьевого взморья р. Волги на урожайность воблы и леща	92
1.6.1. Характеристика природных условий в мелководной зоне устьевого взморья Волги в период проведения исследований	93

1.6.2. Загрязненность вод мелководной зоны устьевого взморья Волги в период проведения исследований	101
1.6.3. Влияние стока загрязняющих веществ на урожайность воблы и леща в дельте Волги	112
ГЛАВА 2. Состояние зообентоса западной части Северного Каспия на первом этапе освоения нефтегазовых месторождений (<i>М.В. Войнова, С.К. Монахов, А.А. Курапов, Е.В. Островская</i>)	120
2.1. Влияние природных и антропогенных факторов на состояние среды обитания зообентоса западной части Северного Каспия.....	120
2.1.1. Донный фаунистический комплекс Северного Каспия, история исследования и современное состояние	120
2.1.2. Методологические аспекты изучения структуры и динамики донных сообществ.....	132
2.1.3. Особенности первого этапа освоения морских нефтегазовых месторождений.....	144
2.2. Материалы и методы исследований.....	151
2.3. Структура и динамика донных сообществ западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.....	159
2.3.1. Состояние донной фауны и его изменения в 2000-2003 гг.....	159
2.3.2. Сообщества донных животных и их динамика.....	179
2.3.3. О причинах изменения состояния зообентоса	185
2.4. Особенности пространственного распределения зообентоса на акватории западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.....	199
2.4.1. Зообентос различных зон западной части Северного Каспия.....	199
2.4.2. Пространственное распределение разных групп зообентоса	203
2.4.3. Оценка состояния зообентоса в районах обустройства месторождений углеводородов	215
ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ	
(<i>В.Б. Ушивцев, Е.В. Колмыков, Н.Б. Водовский, А.А. Курапов, В.В. Ушивцев, М.Ю. Галактионова</i>)	227

ГЛАВА 3. Исследование состояния и загрязнения экосистемы Северного Каспия с использованием стационарных донных станций.....	227
3.1.Обоснование использования стационарных донных станций для изучения состояния морской среды и биоты Северного Каспия.....	227
3.1.1. Выбор и апробация конструкции донной станции, оптимальной для мониторинга в условиях мелководной зоны Северного Каспия.....	229
3.1.2. Выбор индикаторных групп живых организмов из биоценозов локальных экосистем донных станций для мониторинга состояния морской среды.....	243
3.2. Оценка состояния макрозообентоса в районе месторождения им. Ю. Корчагина На Северном Каспии с помощью донных станций	249
ГЛАВА 4. Мониторинг локальных биологических сообществ для оценки воздействия объектов нефтегазодобывающей инфраструктуры в Северном Каспии	258
4.1. Особенности локальных биологических сообществ в районах строительства поисково-разведочных скважин.....	258
4.2. Состояние донных сообществ в районах ликвидированных поисково-оценочных скважин на Северном Каспии	266
4.3. Оценка воздействия подводного нефтепровода на гидробионтов Северного Каспия	277
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	290
ЛИТЕРАТУРА.....	293

ВВЕДЕНИЕ

Волго-Каспийский бассейн, являющийся внутренним наиболее продуктивным рыбопромысловым регионом России, испытывает значительные антропогенные воздействия. На биологическую продуктивность дельты Волги и Северного Каспия влияют такие аспекты геоэкологии как регулирование стока р. Волга, загрязнение окружающей среды, в последние годы к ним добавилась разработка нефтегазовых месторождений в северной части моря.

На страницах предлагаемой читателю книги, состоящей из 2-х частей, представлены последствия влияния данных воздействий на естественную биологическую продуктивность рыб дельты Волги и зообентоса западной части Северного Каспия. Такое соединение неслучайно, поскольку большинство рыб Волго-Каспийского бассейна являются бентосоядными, соответственно состояние донных сообществ является в определенном смысле индикатором состояния рыбных запасов. В первую часть книги включены исследования состояния биологических сообществ в период до начала освоения нефтегазовых месторождений на Северном Каспии. Вторая часть обобщает первые результаты оценки воздействия собственно нефтегазодобывающей деятельности на морскую биоту.

Из числа антропогенных факторов, влияющих на состояние среды обитания и воспроизводство наиболее массовых видов полупроходных рыб (воблы и леща), в первой главе книги рассматриваются зарегулирование речного стока и загрязнение речных вод. В качестве природных процессов, влияние которых сочетается с влиянием антропогенных факторов, рассмотрены естественные колебания водности Волги и условия, определяющие распределение загрязняющих веществ в мелководной зоне устьевого взморья реки, как основной части ареала полупроходных рыб.

В первой главе обсуждаются результаты статистического анализа данных по волжскому стоку за период 1960-2001 гг., которые показывают, что, несмотря на обусловленное зарегулированием сокращение объема половодья (примерно с 60 до 40% годового стока), основной вклад в его изменчивость вносят естественные колебания водности реки, обусловленные изменениями увлажненности Волжского бассейна.

Благодаря новому подходу к формированию исходных материалов, в частности использованию выборок, выровненных по годовому стоку, в

первой главе книги удалось ответить на вопрос о том, каким образом воздействует зарегулирование на изменение гидрологического режима половодья, а также на урожайность воблы и леща в дельте Волги. Предложенные в работе критерии позволили дать оценку воздействия зарегулирования стока р. Волги на гидрологические параметры половодья в ее дельте.

Используя материалы экспедиционных исследований, авторы описывают влияние природных факторов на происходящие в мелководной зоне устьевого взморья Волги физико-химические и биохимические процессы. Установлена зависимость урожайности воблы и леща от стока загрязняющих веществ, которая носит сложный характер.

Вторая глава посвящена комплексной характеристике состояния зообентоса западной части Северного Каспия на этапе разведки нефтегазовых месторождений и разработке мер, направленных на защиту донной фауны во время их обустройства и эксплуатации.

Как известно, в середине 70-х гг. прошлого столетия Северный Каспий был объявлен заповедной зоной, но позже (в 1990-х гг.) на его акватории было разрешено проведение поиска, разведки и добычи углеводородного сырья (первым это сделал Казахстан, затем Россия). Первые скважины на Северном Каспии начали бурить одновременно в 1999 г. в казахстанском и российском секторах, соответственно, на структурах «Кашаган» и «Хвалынская». В течение нескольких последующих лет на участке «Северный», расположенном в западной части Северного Каспия, было открыто шесть перспективных нефтегазовых месторождений.

Возникла потребность в защите северо-каспийской экосистемы от нового вида антропогенного воздействия. Особую актуальность приобрел вопрос о сохранении зообентоса, который с одной стороны наиболее подвержен негативному воздействию нефтегазодобычи, а с другой стороны является основной кормовой базой наиболее ценных видов рыб.

Изучению донной фауны Каспийского моря посвящены многочисленные работы, но в данной книге зообентос рассматривается как природоохранный объект. В связи с тем, что устойчивость биологических систем к внешнему воздействию определяется биологическим разнообразием, в первую очередь встал вопрос о биоразнообразии донных животных. При этом для защиты донной фауны имеет значение не только видовое разнообразие само по себе, но и то, как его изменения отражаются на состоянии эколого-фаунистических комплексов, трофических групп, донных сообществ, а также на кормовой ценности зообентоса.

Во второй главе данной книги представлен детальный анализ пространственной изменчивости видового разнообразия донной фауны и состава ее основных структурных элементов: эколого-фаунистических комплексов, трофических групп, сообществ донных животных, кормовых и некормовых организмов.

Вторая часть книги посвящена новым методам мониторинга изменений состояния и загрязнения морской среды и биоты в условиях начавшегося в середине 2000-х гг. обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений на Северном Каспии. В качестве основных элементов мониторинга предлагается использовать специально разработанные сооружения – донные станции, обоснование конструктивных особенностей которых приводится в третьей главе. В основу идеи создания таких конструкций, некоторые из которых имеют патенты на изобретения, легли так называемые «эффекты искусственного рифа», широко наблюдаемые исследователями в районах установки подводных гидротехнических сооружений. На основе многолетних исследований приводится анализ и обоснование выбора наиболее информативных с точки зрения биоиндикации видов организмов. В качестве примера приводится использование донных станций для оценки воздействия нефтегазодобывающей деятельности на макрозообентос в районе месторождения им. Ю. Корчагина (лицензионный участок «Северный» ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»).

Четвертая глава продолжает эту тему использования биологических сообществ в качестве индикаторов состояния и загрязнения морской среды. На примере оценки состояния донных сообществ в районах некоторых объектов обустройства и освоения месторождений на этом участке, которые, как оказалось, сами обладают выраженными «рифовыми эффектами», приводится анализ их воздействия на морскую биоту.

При подготовке книги использовались материалы экспедиционных исследований, проведенных в рамках производственного экологического мониторинга ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» и ООО «Каспийская нефтяная компания», а также данные Росгидромета по водному и химическому стоку р. Волги и материалы подводных исследований Каспийского филиала Института океанологии РАН. Широко использовались литературные источники, в том числе опубликованные данные многолетних исследований Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КаспНИРХ).

ВВЕДЕНИЕ

Особую благодарность авторы выражают М.Б. Тихоновой и С.А. Зубанову (ООО «НИЦ экологического мониторинга и аудита») за идею публикации этой книги и ценные замечания.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В
ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕ-
НИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

**Глава 1. Природные и антропогенные процессы как
факторы воздействия на среду обитания и урожайность
полупроходных рыб в устьевой области Волги**

**1.1 Биология, экология и промысел полупроходных рыб в
Волго-Каспийском бассейне (на примере воблы и леща)**

Устьевая область Волги играет важную роль в формировании рыбных запасов как Волго-Каспийского бассейна, так и всего Каспийского моря в целом. Здесь расположены основные нерестовые и нагульные ареалы, пролегают миграционные пути ценных промысловых видов рыб. Ихтиофауна устьевой области не отличается высоким разнообразием, но для нее характерна высокая продуктивность массовых промысловых видов. Наиболее распространенными в устьевой области являются полупроходные и туводные группы рыб. Наиболее массовыми и ценными в промысловом отношении полупроходными рыбами являются вобла и лещ, относящиеся к семейству карповых.

Вобла (*Rutilus rutilus caspicus* J.) – в пределах Каспийского моря образует несколько обособленных стад: азербайджанское, туркменское и самое многочисленное северокаспийское. Ареал обитания северокаспийской воблы охватывает Северный Каспий, преимущественно мелководную (до 6 м) и слабоосолоненную (7-8‰) зоны. Массовое распространение ограничено изогалиной 10–11‰, на юге Каспия 13‰. Это эвритермный вид, который встречается при температуре от 2°C до 28–30°C (Берг, 1949; Танасийчук, 1951; Казанчеев, 1972). Северокаспийская вобла живет приблизительно 10–11 лет, достигая длины 32 см и веса 850 г. Основная масса рыб созревает на третьем-четвертом годах жизни. Большую часть своей жизни вобла проводит в море и только во время нереста весной, примерно около двух месяцев живет в реке. Для икрометания рыба идет в дельты Волги и

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Урала и в небольшом количестве в дельту Терека. В конце сентября–начале октября начинается осенняя зимовальная миграция воблы в авандельты и низовья рек. При температуре 4-5°C (ноябрь) вобла залегает на зимовку. Весной неполовозрелая вобла откочевывает обратно в Северный Каспий на места нагула, а половозрелые особи заходят на нерест в реки. В низовьях дельты Волги нерестовый ход обычно начинается в середине марта при температуре воды 2-3°C, а в середине или в конце апреля при температуре воды 5-8°C происходит миграция основной массы рыб (Каспийское море, 1989). Нерестовая миграция воблы заканчивается в первой декаде мая, однако в отдельные годы возможны значительные отклонения сроков нерестовой миграции от обычных, что обусловлено сроками прогрева воды. Наиболее мощный нерестовый ход воблы до 80-х годов наблюдался по западным многоводным рукавам дельты, но в 1982–1983 гг. заметно усилился ход воблы по восточным рукавам дельты. Такое перераспределение связано с увеличением концентрации воблы в восточной предустьевой зоне, благодаря многоводности трех предшествующих лет и более ранним прогревом воды на востоке дельты (Каспийское море, 1989). Основными нерестилищами воблы на Волге являются ильмени и полои, расположенные в нижней и средней частях дельты и заливаемые паводковыми водами в период подхода к ним ее косяков (Алехина, Финаева, 1981). Поэтому возможность эффективного использования воблой нерестовой площади зависит от своевременного подъема уровня воды и продолжительности его стояния на оптимальных для нереста и развития икринок отметках.

Нерест воблы начинается в конце апреля, а его разгар приходится на первые дни мая, окончание – конец мая. Икрометание единовременное, полициклическое. Начало нереста происходит при температуре 10°C. Массовый нерест происходит при температуре воды от 13 до 17°C.

Развитие оплодотворенной икры происходит при температуре воды 16-18°C и протекает около 6 суток, при 18-20°C – до 4 суток. Длина тела предличинки при вылуплении из икринки достигает 4,5–5,5 мм, к моменту рассасывания желточного мешка (4-6 дней) – 6–7 мм. Двухнедельная личинка имеет длину 10–14 мм. К моменту достижения длины тела 18–20 мм появляется чешуя, личинка превращается в малька (28–30 дней). К июню длина молоди достигает 30 мм, и она мигрирует в море. В сентябре-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

октябре средняя длина тела сеголетков обычно 50–55 мм. В годы с благоприятными условиями половодья сеголетки достигают длины тела 60 мм и более (Коблицкая, 1981). Период ската молоди продолжается с середины мая по июнь (Казанчев, 1981), и уже в первой половине июня молодь появляется в море (рис. 1.1).

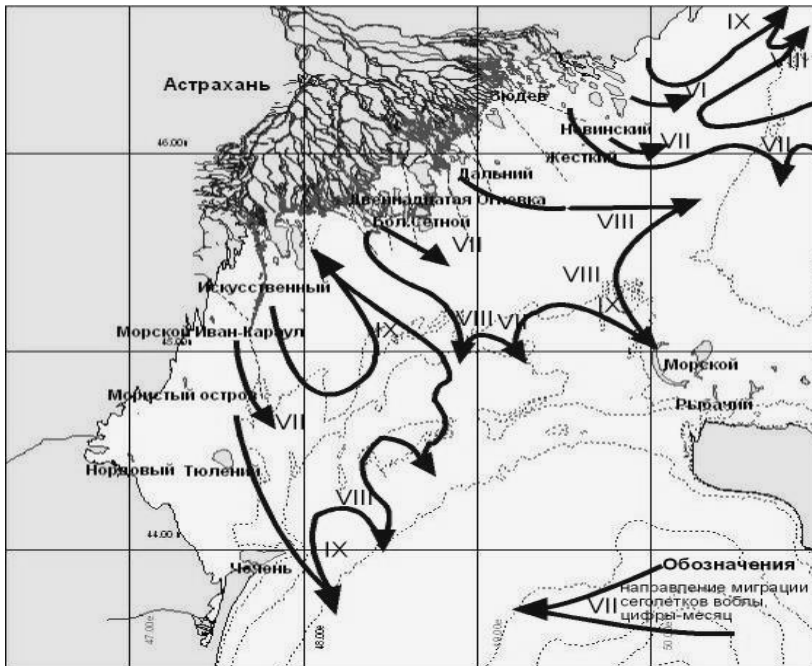


Рис. 1.1 Миграции сеголетков воблы в Северном Каспии с июня по сентябрь (Каспийское море, 1989)

В устьевой области Волги сеголетки держатся на мелководных участках с глубинами до 5–6 м. С похолоданием мальки перемещаются ближе к берегам, а в период ледостава все поколение, родившееся в данном году, скапливается в области прибрежного мелководья (Каспийское море, 1989).

Вобла – один из массовых промысловых видов, она интенсивно эксплуатируется промыслом еще с конца 19 века (Танасийчук, 1951). Амплитуда колебаний уловов в течение многолетнего периода была значительной. Максимальный вылов (1935-1957 гг.) превышал минимальный (1980-1982 гг.) в 22 раза (табл. 1.1). Весь период до зарегулирования р. Волги и введения нового режима промысла характеризовался высокой

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

численностью и уловам. Наиболее высокие уловы воблы (111-131 тыс. т) в Волго-Каспийском районе отмечались в 1934-1936 гг. когда объемы волжского стока находились на уровне 115-180 км³. В 1930-50 гг. уловы воблы поддерживались на высоком уровне за счет интенсивной эксплуатации запасов. В 40-е годы численность и уловы несколько снизились, но оставались достаточно высокими в пределах 30-61 тыс. т (Научные основы, 1998).

Таблица 1.1
Уловы воблы в Волго-Каспийском районе (Сидорова, Кушнарченко, 1997)

Годы	Улов, тыс. т	Годы	Улов, тыс. т	Годы	Улов, тыс. т
1932	76,2	1954	63,9	1976	18,3
1933	78,1	1955	82,2	1977	12,9
1934	131,2	1956	46,5	1978	8,3
1935	111,4	1957	32,3	1979	5,5
1936	126,5	1958	41,9	1980	5,6
1937	99,4	1959	43,7	1981	3,3
1938	80,2	1960	48,1	1982	6,1
1939	45,8	1961	29,0	1983	5,1
1940	39,2	1962	18,6	1984	8,1
1941	44,8	1963	20,1	1985	7,8
1942	37,4	1964	18,3	1986	6,9
1943	61,2	1965	16,2	1987	8,1
1944	53,9	1966	14,0	1988	10,2
1945	54,2	1967	17,4	1989	16,4
1946	47,4	1968	12,7	1990	19,8
1947	30,9	1969	13,5	1991	19,3
1948	32,9	1970	11,8	1992	21,5
1949	56,2	1971	17,7	1993	18,6
1950	41,1	1972	14,6	1994	16,8
1951	43,4	1973	22,0	1995	15,4
1952	42,4	1974	21,9	1996	17,1
1953	40,2	1975	24,4	1997	10,2

Период после зарегулирования р. Волги совпал с изменением режима рыболовства в Северном Каспии, в результате которого был прекращен морской лов всех рыб, в т.ч. и воблы. После прекращения промысла воблы на Северном Каспии меры по ограничению ее изъятия не привели к увеличению численности, поскольку на уровень ее естественного воспроизводства стал влиять такой мощный фактор, как зарегулирование волж-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ского стока. Уловы после зарегулирования р. Волги уменьшились, а наибольший вылов был отмечен в 1975 г. – 24,4 тыс. т (табл. 1.1).

Изменение объемов годового волжского стока непосредственно повлияло на изменение уровня режима Каспийского моря. Наиболее низкие уровни Каспия в последние десятилетия отмечались в 1976-1979 гг. В эти годы снизилась эффективность воспроизводства и произошло резкое снижение численности воблы, как и других полупроходных рыб. В период падения уровня ареал распределения воблы уменьшился с 50 до 30 тыс. км², а уловы упали до 3,3 тыс. т в 1981 г. (Иванов, 2000).

В последующие годы наблюдался подъем уровня моря. Одновременно происходило улучшение экологических условий существования и как результат этих процессов – увеличение численности воблы и последующий рост ее вылова. Так, в 1984-1994 гг. ее вылов увеличился до 15,8-19,5 тыс. т (Сидорова, Кушнаренко, 1997; Иванов, 2000). В начале XXI в. вылов воблы в Волго-Каспийском районе находился на уровне 6,974–6,963 тыс. т (Рыбохозяйственные исследования на Каспии, 2003), снизившись к настоящему времени до 1,5 тыс. т (Васильева и др., 2012).

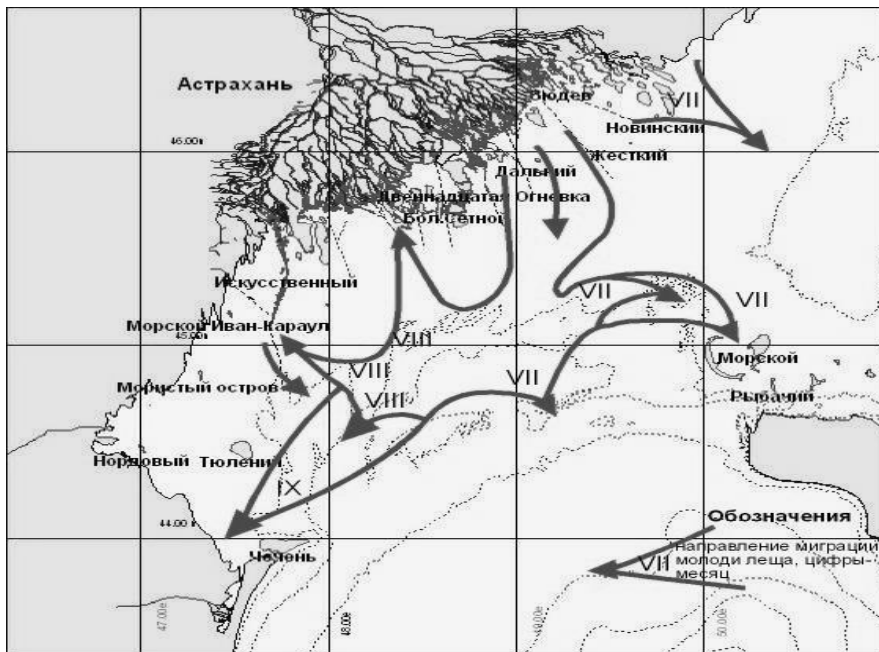
Лещ – *Abramis brama* L. – представлен в Каспийском море восточным лещом *Abramis brama orientalis* В. Обитает лещ в Северном Каспии, Волге, Урале, Тереке, Куре, реках Ленкоранского побережья. Есть полупроходные и жилые формы. В Северном Каспии существует несколько локальных стад леща: волжское, уральское, терское. Наибольшей численностью отличается волжское полупроходное стадо. Ареал волжского полупроходного леща распространяется на всю акваторию устьевой области Волги. В море и авандельте лещ проводит большую часть жизненного цикла, здесь происходит нагул взрослой рыбы после нереста и ее молоди до созревания. В конце лета и осенью происходит осенняя миграция леща в мелководные участки моря, авандельту и нижнюю часть дельты, где он остается на зимовку. Неполовозрелый лещ, зимующий в нижней части рек и авандельте, весной откочевывает обратно в Северный Каспий к морскому свалу глубин, где находятся наиболее продуктивные пастбища. Половозрелая рыба заходит весной на нерест в реки, при этом не поднимается высоко, и нерестится преимущественно в нижней зоне дельты. Большая часть популяции леща мигрирует по западным, более мощным по водности, рукавам (Каспийское море, 1989). Сроки начала и массового хода ле-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ща, а также его продолжительность непостоянны и определяются гидрометеорологическими особенностями весны, такими как температура воды, сила и направление ветра, уровень воды в реке. Несмотря на изменение паводкового режима после зарегулирования стока Волги сроки нерестового хода леща практически не изменились (Танасийчук, 1959). Начало нерестового хода приходится на период до подъема уровня в реках – в первую или вторую пятидневку апреля при температуре воды 2-4°C, массовый ход происходит в последней пятидневке апреля – первой декаде мая при температуре воды 8-12°C в период повышения уровня и образования ильменно-полойной системы. Пик хода леща в восточном районе дельты отмечается на несколько дней раньше, чем в западном, что обусловлено более ранним прогревом воды в этом районе. Продолжительность массового хода леща обычно составляет 20-25 дней (Казанчев, 1981). Нерест леща по времени совпадает с весенним половодьем. Нерест леща всегда проходит в более поздние сроки чем у воблы, нерестится он на полях дельты, в ильменах, у прибрежий небольших рек, в протоках, култучной и островной зонах авандельты Волги (Горбунов и др., 1965). Основные нерестилища леща всегда располагались в нижней зоне дельты. Успешный нерест леща наблюдался в култучной зоне и авандельте (Коблицкая 1957, 1966; Алехина, 1975). Главные нерестилища в настоящее время расположены в нижней зоне дельты (Коблицкая, 1961). Икрометание леща проходит на свежезалитах участках полоев, с глубинами 30-70 см, возможен нерест по берегам ериков и протоков. Наиболее ранний и продолжительный нерест происходит в култучной зоне и авандельте. В теплые весны икрометание леща в этом районе начинается в конце первой половины апреля, чаще в конце апреля – начале мая. В дельте нерест леща начинается в конце первой декады мая, а при очень высокой температуре воды даже в конце апреля. Продолжительность нерестового периода леща колеблется от 11 до 41 дня при температуре воды 11-19°C. Развитие икры в естественных условиях продолжается 145-150 ч. при средней температуре воды 14,6°C (Казанчев, 1981, 1973). Предличинка первые 6 дней существует за счет желточного мешка, длина тела – 5-7 мм. Затем следует личиночный период, который длится 17-20 дней и происходит переход на экзогенное питание. Затем следует мальковый период. Мальки по достижении длины 20-25 мм скатываются в море. В сентябре-октябре сеголетки достигают длины 70-75 мм

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

(Коблицкая, 1981). Продолжительность нагула молоди леща определяется гидрологическим режимом реки в период весеннего половодья. В многоводные годы продолжительность нагула может достигать 50–60 суток (Алехина и др., 1988). Этого времени достаточно для того, чтобы личинки достигли покатных стадий. В маловодные годы длительность пребывания личинок на полях сокращается. В такие годы молодь скатывается в реку на ранних нежизнестойких стадиях, большая часть ее остается в отшнурованных водоемах и гибнет. Основной скат молоди наблюдается в июне – начале июля. Размеры молоди, мигрирующей в мае-июне, колеблются от 6 до 26 мм (Каспийское море, 1989; Экология молоди, 2001). В море молодь леща мигрирует в направлении основных струй волжских вод. В августе наблюдается продвижение незначительного количества сеголетков леща из восточных рукавов дельты к свалам глубин (рис. 1.2).



**Рис. 1.2 Миграции сеголетков леща в Северном Каспии с июля по сентябрь
(Каспийское море, 1989)**

Численность и уловы леща, как и других полупроходных рыб, из-за весьма изменчивых условий существования значительно колебались. Динамика уловов леща в основном была обусловлена колебанием его чис-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ленности, однако величина вылова в разные годы определялась также интенсивностью промысла, его режимом и гидрометеорологическими условиями.

В начале XX века значение леща в промысле не имело большого значения, но уже с 1924 г. его уловы начали возрастать и в 1935–1936 гг. достигли максимальной величины – 96,7–93,4 тыс. тонн. В 1937–1938 гг. они снизились более чем в 2 раза, и только в 1946 г. вылов достиг 70 тыс. тонн (табл. 1.2). В начале 50-х годов отмечалось очередное снижение запасов, и все последующие годы характеризовались невысокими показателями. Самые низкие уловы леща были зарегистрированы в 1978–1981 гг. (3,8 - 4,9 тыс. тонн) в период резкого понижения уровня моря.

Таблица 1.2
Уловы леща в Волго-Каспийском районе (Сидорова, Алехина, 2001)

Годы	Улов, тыс. т	Годы	Улов, тыс. т	Годы	Улов, тыс. т
1932	14,9	1954	30,7	1976	11,2
1933	22,6	1955	28,5	1977	8,1
1934	59,6	1956	21,9	1978	4,6
1935	96,7	1957	20,8	1979	3,9
1936	93,4	1958	29,4	1980	3,8
1937	42,1	1959	26,2	1981	4,9
1938	44,3	1960	19,1	1982	12,0
1939	62,5	1961	17,1	1983	11,2
1940	57,2	1962	13,1	1984	10,6
1941	55,6	1963	15,6	1985	8,1
1942	41,6	1964	17,9	1986	8,2
1943	56,1	1965	16,4	1987	10,8
1944	68,1	1966	16,4	1988	17,6
1945	69,6	1967	23,8	1989	21,0
1946	70,0	1968	19,1	1990	15,4
1947	44,7	1969	20,6	1991	15,2
1948	47,5	1970	20,4	1992	17,9
1949	59,4	1971	21,4	1993	15,6
1950	58,9	1972	26,8	1994	20,8
1951	37,9	1973	31,2	1995	21,4
1952	27,2	1974	25,3	1996	21,2
1953	20,9	1975	16,0	1997	21,7

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В последующий период вылов леща увеличился и в 1994-1997 гг. превысил 20 тыс. тонн. В 1998 г. вылов леща в Астраханской области составил 15,97 тыс. тонн, что почти на 2,0 тыс. тонн ниже уровня 1997 г. Наибольшую массу вылова составили четырех – пятигодовалые особи среднеурожайных поколений 1993-1994 гг., численность которых по убыли от лова равна 31-34 млн. экз. (Сидорова и др., 1999; Сидорова, Алехина, 2001; Кушнарченко и др., 2001).

В конце 1990-х – начале 2000-х гг. отмечалось возрастание уловов леща от 13,10 тыс. т. (1999 г.) до 16,8 тыс. т. (2002 г.) (Рыбохозяйственные исследования на Каспии, 2003; Кушнарченко и др. 2000; Состояние запасов, 2001), которое вновь снизилось к 2010-м гг. до 9,7 тыс. т (Васильева и др., 2012).

1.2 Влияние речного стока на воспроизводство воблы и леща

Естественное воспроизводство воблы и леща тесно связано с гидрологическими условиями р. Волги и условиями нагула в Северном Каспии. Одним из основных условий формирования численности полупроходных рыб является водный сток, характеризующийся расходами, уровнями воды в водотоках дельты. От величины волжского стока зависит и площадь ареала распространения воблы и леща в море, так как именно сток пресной (волжской) воды определяет площадь распресненной зоны, соленость которой является оптимальной для воблы и леща.

Начало, интенсивность, и пути миграции находятся в тесной связи с соленостью, ветровым режимом, волнением моря, водным стоком. Температура воды также является одним из важнейших лимитирующих факторов в жизни рыб. Так как полупроходные рыбы совершают миграции к местам нереста, то наступление определенных температур является сигнальным фактором для начала нерестовых миграций и самого нереста, а также их окончания.

Полупроходные рыбы Волго-Каспийского района размножаются во временно затопляемых пойменных водоемах, образующихся ежегодно в период весеннего половодья в дельте и нижней зоне Волго-Ахтубинской поймы. Современный нерестовый фонд Волго-Каспийского района состав-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ляет 545 тыс. га, в дельте в пределах Астраханской области – 395 тыс. га (Научные основы, 1998). Эффективность размножения полупроходных рыб в значительной степени зависит от величины залитых нерестовых площадей. В многоводные годы заливаются все нерестовые площади, в маловодные – менее 60% нерестового фонда (Катунин, 1971). Многолетние наблюдения подтверждают, что эффективность размножения полупроходных видов рыб зависит от характера половодья, и, прежде всего от максимального уровня воды в реках, определяющего площади нерестилищ и их продуктивность (Чугунов, 1928; Танасийчук, 1957; Земская, Кузьмин, 1972; Алехина, Финаева, 2001). Установлено, что в годы с малым паводком (ниже 269 см по рейке у г. Астрахани) заливаются, прежде всего, поймы нижней зоны дельты Волги. Условия нереста рыб и откорма личинок там неблагоприятны: скопление молоди на относительно небольших участках способствует выеданию ее хищниками. Поэтому годы с низким паводком годы (например, 1933, 1935, 1937, 1950, 1954, 1996 гг.) обычно малоурожайны. В годы очень высоких (выше 340 см) паводков (например, 1932, 1947, 1955 гг.), несмотря на большую площадь заливаемых нерестилищ, урожайность рыб также невелика. Создается сплошная проточность, которая уносит зоопланктон, и личинки попадают в море до наступления покатной стадии, что приводит к их массовой гибели (Танасийчук, 1957; Павлов и др., 1989).

Для определения причин колебания численности полупроходных рыб, все рассматриваемые годы, как до зарегулирования, так и после, следует подразделять на несколько групп, характеризующихся различной высотой (объемом) паводка. Данное деление носит условный характер, так как годы со сходными объемами половодья отличаются условиями заливания пойменной системы, также влияющей на урожайность полупроходных рыб.

В период естественного стока наряду с явно выраженным повышением урожайности в годы со средним и высоким половодьем, ее колебания в пределах определенной величины стока были довольно значительными (Танасийчук, 1952; 1957). Маловодные годы (паводки ниже 250 см) характеризовались небольшой нерестово-вырастной площадью и коротким периодом залития пойм (от 48 до 73 дней). В эти годы на незначительных нерестовых площадях скапливалось большое количество личинок, что

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

приводило к пищевой конкуренции (Зиновьев, 1947). В то же время огромная скученность мальков способствовала интенсивному истреблению их хищниками и создавала условия для паразитарных инвазий (Астахова, 1957). Малоблагоприятными были условия и для миграции мальков в море, так как из-за невысоких скоростей течения в протоках миграция молодежи проходила медленно, обеспечивая тем самым высокую доступность мальков для различных хищников. В годы с поздним залитием пойменной системы отмечалось широкое распространение половозрелой воблы вверх по реке, в результате чего наблюдалась меньшая скученность производителей на местах нереста и широкое распространение по водоемам дельты сносимых течением личинок. Позднее половодье было благоприятно и для леща, так как из-за задержки паводка к началу нерестового хода начиналось залитие пойменной системы, в результате чего инкубация икры и нагул личинок происходили при подъеме уровня, что обеспечивало лучшие условия нагула. В то же время в связи с тем, что лещ нерестится позднее воблы, условия нагула молодежи при низких паводках были хуже, чем у воблы, этим объясняется низкая урожайность леща.

В средневодные годы (паводки ниже 300 см) урожайность воблы и леща повышалась. Однако из-за различных климатических условий в этой группе лет отмечается различная динамика урожайности. В годы с ранним началом половодья и достаточно высокой температурой воды (например, 1951 г.) вобла заходила в реку с близкими к созреванию половыми железами, а ход ее совпадал по времени с началом залития пойменной системы, поэтому основная масса рыбы нерестилась в уже залитых низовьях дельты. Таким образом, условия, сложившиеся в такие годы, не давали возможности для освоения нерестово-вырастной площади в той мере, в которой позволяла высота паводка. В такие годы из группы средневодных лет урожайность воблы и леща была наименьшей.

В средневодные годы, когда весенний прогрев воды происходил медленно (например, 1940 г.), вобла заходила в дельту Волги до начала заливания пойменной системы и поднималась высоко вверх по реке, распространяясь по всей залитой площади дельты. Массовый нерестовый ход леща в такие годы происходил в момент заливания пойменной системы, а к моменту созревания гонад нерестовые площади уже были залиты. Таким образом, в средневодные годы с поздним началом паводка наблюдалось

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

соответствие между зрелостью гонад производителей, нерестовым ходом и временем заливания нерестилищ, что обеспечивало широкое использование нерестово-вырастной площади. Сложившиеся условия обеспечивали урожайность выше среднемноголетней (Танасийчук, 1957).

Совсем иная картина наблюдалась в годы, когда теплая весна вызывала раннее созревание половых желез и раннее начало нереста (например, 1943 г.) Вобля и лещ были вынуждены нереститься при низких уровнях воды. Быстрое созревание половых желез не позволяло производителям подниматься высоко по реке, поэтому рыба задерживалась в самой нижней зоне дельты и не могла использовать всю залитую полыми водами площадь дельты. В такие годы урожайность воблы и леща была низкой.

В многоводные годы (300–350 см) заливание дельты носило иной характер. Сформировавшаяся в полужоной системе проточность увеличивалась по мере повышения уровня воды, из-за чего режим полужоной системы приближался к речному. Температура понижалась, часть планктона смывалась (Зиновьев, 1947). Проточность на полях являлась положительным фактором, если сроки ее наступления совпадали со сроками достижения мальками покатных стадий. Благодаря проточности создавались условия, позволяющие малькам мигрировать рассредоточенно, чем обеспечивалась большая сохранность от хищников. Проточность же, возникавшая слишком рано, сказывалась неблагоприятно, так как несвоевременное вымывание планктона и неокрепших личинок приводило к снижению урожайности полупроходных рыб. Все годы с высокими паводками (300–350 см), характеризовались высокой урожайностью леща. Урожайность воблы также была высокой, за исключением двух лет (1936 г. и 1948 г.) (Танасийчук, 1957). В целом годы повышенной водности были более благоприятными для леща. Самая относительно низкая урожайность леща отмечалась в годы с быстрым подъемом и еще более быстрым спадом воды в дельте Волги, в связи с чем продолжительность заливания полужоной системы была более кратковременной. В 1936 г. помимо сокращения сроков заливания нерестово-вырастных площадей отмечался поздний массовый нерест, в результате срок нагула личинок в полужоной системе от момента вылупления до формирования проточности составлял 9–10 дней.

Таким образом, и в годы с высоким половодьем при других неблагоприятных условиях, урожайность рыб может снижаться из-за несоответ-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ствия биологического состояния рыбы, ее подготовленности к нересту со сроками заливания нерестово-вырастных площадей, а также при резких колебаниях температуры в период нереста.

Последняя группа лет – это годы с очень высокими паводками (350 – 400 см). В естественных условиях такие годы наблюдались только дважды – в 1932 г. и 1947 г. Несмотря на наличие обширной нерестово-вырастной площади, эти годы характеризовались низкими урожаями воблы и леща. Паводки в эти годы были не только высокими, но и ранними. Проточность пойменной системы возникала уже к середине мая, и холодные речные воды начинали промывать водоемы дельты, создавая условия близкие к речным, в результате замедлялось и продуцирование планктона.

Анализ колебаний урожайности воблы и леща в естественных условиях показывает, какую важную роль играют условия окружающей среды в формировании численности поколений. Обводнение дельты является основным фактором, определяющим потенциальную величину урожайности, а соответствие условий окружающей среды биологическим этапам в жизни рыб в этот момент вносит дальнейшие коррективы в динамику урожайности.

После введения в строй Волжско–Камского каскада водохранилищ на колебания урожайности воблы и леща помимо природных условий начинает действовать такой мощный антропогенный фактор как регулирование стока. Зарегулирование стока Волги привело к значительным изменениям режима половодья, что отрицательно сказалось на условиях обводнения нерестилищ и воспроизводстве полупроходных рыб. Как известно, в результате зарегулирования стока Волги средний объем весеннего половодья сократился со 144 км³ до 103 км³. Деформировался внутригодовой сток Волги. Почти вдвое сократился объем весеннего (рыбохозяйственного) расхода воды при увеличении зимнего (энергетического). Уменьшилась продолжительность заливания пойм и общая площадь нерестилищ, а их продуктивность снизилась с 0,27 до 0,14 т/га (по промысловому возврату). Сократилась полезная для нагула опресненная зона Северного Каспия, снизился вынос биогенных элементов в море. Кормовая часть бентоса уменьшилась с 27,5 г/м² в 1956-1961 гг. до 15,2 г/м² в 1962-1971 гг. (Астахова, Катунин, 1971). Изменения водного режима сказались в сочетании с

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

другими антропогенными факторами на состоянии запасов ценных промысловых рыб, в том числе воблы и леща.

После зарегулирования стока Волги многолетние наблюдения позволили выделить три уровня воспроизводства полупроходных рыб в зависимости от объема весеннего половодья. Зарегулирование по-разному сказалось на урожайности воблы и леща. В маловодные годы с 75% обеспеченностью (менее 105 км³) урожайность молоди воблы на нерестилищах дельты составляет в среднем около 193 млрд. экз. (Научные основы, 1998), урожайность воблы и леща в Северном Каспии по сравнению с естественными условиями снизилась (Сидорова и др., 1986). В такие годы при незначительной площади или отсутствии полоев полупроходные рыбы не используют в полной мере нерестилища и выметывают икру в несвойственных им местах, что отражается на результатах нереста. Вследствие резких спадов воды нередки случаи отшнуровывания пойменных водоемов и массовой гибели в них молоди (Алехина, 1975).

Для средневодных лет с обеспеченностью 60-70% (105 – 115 км³) характерно возрастание численности молоди на нерестилищах дельты при увеличении водности в 1,6 раза. Урожайность воблы приближается к среднемноголетней, наблюдавшейся в естественных условиях. Урожайность леща снизилась по сравнению с периодом до зарегулирования стока в 3,4 раза (Сидорова и др., 1986).

В условиях оптимального режима обводнения дельты с обеспеченностью 25-50% (свыше 120 км³) урожайность молоди воблы на нерестилищах дельты увеличивается более чем в 2–2,5 раза, а урожайность молоди леща увеличивается в 3,6 раза по сравнению с маловодными годами (Научные основы, 1998). Следует отметить, что в многоводные годы после зарегулирования урожайность воблы в Северном Каспии возросла, по сравнению с многоводным периодом в естественных условиях. Причиной увеличения численности сеголетков воблы в Северном Каспии в многоводные годы после зарегулирования, по мнению М.А. Сидоровой с коллегами (1986), может являться сокращение миграционных путей молоди к морю, что обусловлено смещением основных нерестилищ воблы в нижнюю часть дельты. Укорочение путей ската могло в свою очередь привести к увеличению выживаемости молоди.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Несмотря на то, что повышение водности в 1980-е годы способствовало возрастанию численности сеголетков леща в Северном Каспии с 31,5 экз/ч. траления до 96,5 экз/ч. траления, урожайность леща оставалась на уровне ниже, чем в естественных условиях, следовательно зарегулирование стока сильнее повлияло на воспроизводство леща.

О положительном влиянии повышенной водности р. Волги свидетельствует и то, что период 1986-1995 гг. благоприятно повлиял на эффективность воспроизводства полупроходных рыб (табл. 1.3). Самые высокие показатели урожайности молоди рыб отмечены в 1991-1995 гг.

Таблица 1.3

**Изменение урожайности молоди полупроходных рыб на нерестилищах
дельты р. Волги в зависимости от величины весеннего половодья
(Научные основы, 1998)**

Годы	Объем половодья, км ³	Численность молоди, тыс. экз/га	
		Вобла	Лещ
1975 - 1978	70	279,8	9,5
1979 - 1984	100	790,0	42,0
1985 - 1990	115	831,5	71,4
1991 - 1995	131	905,1	95,9

В целом анализ паводкового режима выявил, что для урожайных (в среднем 612 экз./час траления) лет (1931, 1934, 1936, 1938, 1940, 1941, 1942, 1946, 1966, 1968, 1979, 1981) характерны поздний (конец апреля – начало мая) и медленный (пик паводка в начале июня) подъем уровня (высота в пределах 260-340 см по рейке у г. Астрахани). В годы с продолжительным половодьем и повышенной температурой отмечен хороший рост мальков воблы и леща (Яновский, 1972). Неурожайные (в среднем 86 шт./час траления) годы (1933, 1935, 1937, 1947, 1950, 1954, 1956) отличались ранним (начало - середина апреля) и быстрым (пик в конце мая - начале июня) подъемом уровня (высота за пределами 260 – 340 см) и таким же ранним его спадом (Земская, Кузьмин, 1972).

1.3 Влияние загрязнения устьевой области Волги на состояние ее ихтиофауны

Загрязнение водной среды – один из основных факторов, влияющих на состояние среды обитания и воспроизводство рыб. С развитием в регионе промышленности, сельского хозяйства, судоходства, а к концу XX-го столетия и разработки месторождений углеводородного сырья вопрос загрязнения водной среды встал еще более остро. Интенсивное развитие промышленности и сельского хозяйства обусловило поступление в реки Волго-Каспийского бассейна большого количества неочищенных стоков, а нефтедобыча в море и на побережье привела к его нефтяному загрязнению.

Наиболее опасная токсикологическая обстановка сложилась к 1985-1988 гг. В эти годы в Волгу ежегодно сбрасывалось около 10 км³ загрязненных вод, в том числе неочищенных – 2,5 км³, условно очищенных 7 км³. Для их обезвреживания необходимо 200-240 км³ чистых вод, т. е. почти весь годовой сток реки (Иванов, 2000; Иванов, Сокольский, 2000).

По официальным данным (Федосов, 1989), загрязнение окружающей среды в пределах Волжского бассейна в 3-5 раз превышало средние показатели по Российской Федерации. Ресурсы экологически чистой воды составляли не более 3 % от общих ресурсов поверхностных вод.

Влияние загрязнения на экосистему водоема стало ощутимым уже в 70-е годы XX в. Так на р. Волге в районе Волгограда зимой 1964 г. и весной 1965 г. была отмечена самая масштабная гибель осетровых рыб. В 1973 г. отмечена массовая гибель судака на р. Урал. В 1988 г. в районе Волгограда погибло 1500 экз. осетровых, ущерб от их гибели составил 5,8 тыс. т. (Иванов, 2000). В 1987 г. отмечено 17 случаев массовой гибели рыбы в рукавах дельты Волги и на рыбоводных предприятиях.

Активное использование ядохимикатов в сельском хозяйстве также не прошло незаметно. Содержание пестицидов в тканях рыб достигало 2-8 мг/кг (в 3 – 13 раз выше допустимого). В 1987-1988 гг. у рыб, особенно осетровых, отмечался хронический токсикоз, проявившийся в виде расслоения мышц, которое достигало у осетра 90 %, также отмечалось ослабление оболочек икры (Павельева и др., 1990). Исследования различных научно-исследовательских институтов, в том числе и КаспНИРХа, показали, что причиной данного явления является кумулятивный политоксикоз (Лукьяненко, 1990), а точнее гепатоксическая гипоксия (Гераскин, 1989).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Непосредственной причиной этого явилось хроническое отравление субтоксическими концентрациями при совместном действии нефтяного и пестицидного загрязнений (Алтуфьев, 1979). Токсикоз также повлиял и на репродукционный потенциал производителей (Гераскин и др., 1993). В печени осетровых Каспия было также обнаружено высокое содержание кадмия (около 13 МДУ, установленных для пищевых продуктов), никеля (2-7 МДУ), ртути (9 МДУ), свинца (3 МДУ), меди (3 МДУ), хрома (3 МДУ), обнаружены также другие загрязняющие вещества (Сытник и др., 1989; Кукса, 1994).

В.А. Фильчаков (1991), исследуя состояние донной фауны водоемов низовьев Волги, показал что концентрации свинца, цинка, кобальта, меди в гаммаридах дельты Волги выше, чем в ракообразных того же семейства, обитающих в относительно незагрязненных водоемах европейской части СССР, при этом биомасса кормового бентоса, особенно для молодежи рыб, снизилась.

В настоящее время токсикологическая обстановка в бассейне более стабильна, для ближайшего к низовьям Волгоградского водохранилища наблюдается определенная стабилизация гидрохимического режима. Характерными загрязняющими веществами, содержание которых превышает установленные нормативы, являются медь (6 ПДК) и нефтепродукты (2-3 ПДК). В водах волжских водохранилищ наблюдаются повышенные концентрации нефтепродуктов, соединений меди, фенолов (до 1-4 ПДК). В отдельные годы отмечается более высокий уровень загрязненности нефтепродуктами (до 4-10 ПДК) вод Ивановского, Угличского, Рыбинского, Горьковского; фенолами (до 5-8 ПДК) вод Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ (Никаноров, 1994, Брызгало и др., 2015). Снизилось отрицательное воздействие загрязнения воды на гидробионтов. Однако физиологическое состояние осетровых и морского зверя остается весьма напряженным, и даже небольшое изменение экологических условий в отрицательную сторону приведет к его резкому ухудшению (Иванов, 2000).

Отдельно стоит упомянуть о нефтяном загрязнении, так как нефтяные углеводороды являются одними из основных токсикантов, попадающих в море, а добыча нефти на Каспии осуществляется уже более 100 лет. Возможность быстрого распространения нефти по акватории Каспия обу-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

славливает вероятность кратковременного контакта с нею гидробионтов, после чего они вновь попадают в чистую воду, подобные случаи часты в природе (Миронов, 1969). По некоторым данным (Гаджиев и др., 2003), добыча нефти на Каспии в 1996 г. составляла около 49 млн. т. в год. Загрязнение Северного Каспия нефтью и нефтепродуктами отмечается многими исследователями (Бухарицын, 1992; Попова и др., 1992; Некрасова, 1992; Иванов, 2000). Литературные данные (Артюхова, 1980) свидетельствуют о том, что малые концентрации загрязнителей губительны для гидробионтов на ранних стадиях развития. Наименьшей токсикорезистентностью, как выяснилось (Патин, 1979), характеризуются мелкие формы гидробионтов, средние размеры которых менее 1 мм. Эта размерная группа включает в себя массовые виды фитопланктона, микрозоопланктонные фильтраторы, а также нектон, планктон и бентос на эмбриональных и постэмбриональных стадиях развития. Помимо повышенной чувствительности к токсикантам, данные организмы обладают высокой аккумулярующей способностью к компонентам среды, а так как они служат кормом для других гидробионтов, это, в свою очередь, влечет накопление токсикантов в организмах более высокого трофического уровня.

Наряду с существующим загрязнением в дельте р. Волги протекают и процессы самоочищения: в 2000 г. наблюдалось снижение концентраций основных загрязнителей: фенолов и меди - в 2 раза, СПАВ и цинка - в 1,5 раза, кадмия и марганца в 1,2 раза. Однако на фоне относительного улучшения экологической ситуации в дельте Волги отмечается устойчивое загрязнение вод Северного Каспия, наблюдаемое с 1998 г (Рыбохозяйственные исследования, 2000). По сравнению с речной системой в Северном Каспии содержится больше токсикантов. Особенно высоки концентрации нефтепродуктов и тяжелых металлов. Наиболее загрязненным участком Северного Каспия в сентябре 2000 г. было преддутьевое пространство дельты р. Волги (Рыбохозяйственные исследования, 2001). Все это не могло не отразиться как на состоянии ихтиофауны, так и других гидробионтов. Как отмечалось выше организмы, находящиеся на нижней ступени трофической пирамиды и аккумулярующие загрязняющие вещества, сами служат кормом для более высоких звеньев трофической цепи, в организмах которых загрязняющие вещества накапливаются уже в больших количествах.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Так, результаты исследований Е.Н. Макаровой (2000) по изучению накопления тяжелых металлов в тканях селезенки осетровых, проводившиеся в 1998-1999 гг., свидетельствуют о том, что интенсивность накопления загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов, в тканях органов рыб зависит от их содержания в воде (рис. 1.3).



Рис. 1.3 Содержание тяжелых металлов в воде и в тканях селезенки производителей осетровых (Макарова, 2000)

На графике показано, что в тканях селезенки осетровых содержатся значительные концентрации железа, что может быть обусловлено с одной стороны участием органа в гемопоэзе, но с другой стороны максимальные концентрации данного металла содержатся и в воде (табл. 1.4). Подобная картина складывается и в отношении других тяжелых металлов.

**Таблица 1.4
Содержание тяжелых металлов в воде и тканях селезенки производителей осетровых, мг/кг (Макарова, 2000)**

Среда	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd
Вода	0,7	0,007	0,007	0,007	0,005	0,001
Ткани селезенки осетровых	986	272	27	3	3	0,60

Накопление загрязняющих веществ (тяжелых металлов) в тканях и органах рыб ведет к изменению в структуре и появлению различных патологий, таких как уменьшение островков гемопоэза в тканях селезенки

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

(Макарова и др., 2000), изменение строения клеток красной и белой крови (Макарова, Куренкова, 2000). Можно предположить, что ухудшение физиологических и гистологических параметров производителей влечет за собой снижение плодовитости и ухудшение качества молоди (потомства), как показывают, например, результаты экспериментальных исследований по оценке воздействия загрязняющих веществ на размножение, рост, развитие и жизнедеятельность рыб, обитающих в устьевой области Волги, приведенные в работе (Якубов и др., 2002).

Анализ современных исследований показывает, что большинство из них было посвящено влиянию загрязнения на организмы рыб и других гидробионтов. Работы по изучению влияния загрязнения на состояние популяций и экосистем малочисленны, а воздействие загрязнения на рыбные запасы Волго-Каспийского бассейна и их воспроизводство еще не было предметом специальных исследований.

1.4 Материалы и методы исследования

В целом, исследования показывают, что состояние рыбных запасов и уровень их воспроизводства – величины интегральные, зависящие от множества факторов, которые можно разделить на две основные группы: природные и антропогенные. В литературе недостаточно внимания уделено проблеме совместного влияния природных и антропогенных процессов на среду обитания и воспроизводство рыб. Между тем, в современных условиях, когда возрастает степень воздействия человеческой деятельности на окружающую среду, в частности, на водные экосистемы, эта проблема становится особенно актуальной.

Поэтому основной целью данной работы явилось изучение совместного влияния природных и антропогенных процессов на среду обитания и урожайность двух наиболее массовых видов полупроходных рыб устьевой области р. Волги – воблы и леща. Безусловно, для полного решения этой задачи потребовалось бы проведение обширных эколого-рыбохозяйственных исследований. Поэтому с прагматической точки зрения в данной работе рассматриваются только зарегулирование стока и загрязнение речных вод в качестве антропогенных воздействий, и естественные колебания водности р. Волги и природные условия, влияющие на рас-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

пределение и трансформацию загрязняющих веществ в мелководной зоне устьевого взморья, как части ареала полупроходных рыб.

Использованные в этой работе данные многолетних гидрологических наблюдений и ихтиологических исследований получены из различных источников. Для характеристики режима половодья в дельте р. Волги в естественных условиях (1937-1953 гг.) использовались данные наблюдений на гидрологических постах Верхнее Лебяжье и Астрахань, опубликованные в (Сборник материалов, 1967). Источниками аналогичных данных за период зарегулированного стока (1960-2001 гг.) послужили документы Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды (ЕГФД), хранящиеся в архивах Астраханского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (АЦГМС). В частности, использовались документы Государственного водного кадастра «Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. Каспийское море. Устья рек Волги, Терека, Сулака и Куры» за 1977-1988 гг.

Сведения о концентрации в воде и стоке загрязняющих веществ в вершине дельты Волги за период взяты из документов ЕГФД, предоставленных АЦГМС.

Сведения об урожайности воблы и леща, показателем которой служила численность их сеголеток в Северном Каспии (экз./час траления) взяты из литературных источников: за период 1937-1990 гг. – из (Гидрометеорология и гидрохимия морей, 1996), а за последующие годы (1991-2001 гг.) – из (Рыбохозяйственные исследования, 2000, 2001). Численность сеголеток воблы в Северном Каспии далее обозначается NV_{0+} , а численность сеголеток леща – NL_{0+} .

Для характеристики гидрологических условий половодья использовалось 15 гидрологических параметров, разбитых на следующие четыре группы:

1) Параметры, характеризующие объем стока воды в половодье и его распределение во времени (объемные параметры половодья, F_v):

- объем стока воды в половодье, V_{hw} , км³;
- объем стока воды в апреле, V_4 , км³;
- объем стока воды в мае, V_5 , км³;
- объем стока воды в июне, V_6 , км³;

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

- объем стока воды в июле, V_7 , км³.

2) Параметры, характеризующие продолжительность половодья и его отдельных фаз (временные параметры половодья, F_c):

- продолжительность подъема воды, C_1 , сутки;
- продолжительность спада воды, C_a , сутки;
- продолжительность половодья, C_{hw} , сутки;
- продолжительность стояния уровня воды у г. Астрахани выше отметки 190 см, C_s , сутки.

3) Параметры, характеризующие сроки прохождения половодья (хронологические параметры половодья, F_d):

- дата начала половодья, D_b , сутки;
- дата наступления максимального уровня D_m , сутки ;
- дата окончания половодья, D_{fi} , сутки.

4) Параметры, характеризующие скорость прохождения половодья (скоростные параметры половодья, F_s):

- скорость подъема воды, S_1 , см/сут;
- скорость спада воды, S_a , см/сут;
- максимальный уровень воды в половодье, L_m , см.

В соответствии со сложившейся практикой эколого-рыбохозяйственных исследований (Рыбохозяйственные исследования, 1998-2001):

– для определения объемных параметров половодья использовались данные наблюдений на гидрологическом посту Верхнее Лебяжье (вершина дельты Волги), а для определения остальных параметров (временных, хронологических, скоростных) – данные наблюдений на гидрологическом посту Астрахань;

– в качестве объема стока воды в половодье в период 1937-1953 гг. принималась сумма стока воды 4 месяцев (апрель-июль), а в период 1960-2001 гг. – сумма стока 3 месяцев (апрель-июнь, или 2 квартал);

– датами начала и окончания половодья считались даты перехода уровня воды через отметку +50 см (по рейке гидрологического поста Астрахань), соответственно, при его повышении и понижении (при указанной отметке происходит заливание пойм низкого уровня в дельте Волги).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Следует отметить, что данные наблюдений за уровнем воды на посту Астрахань за период 1937-2001 гг. были приведены к единому нулю – 25,06 м БС. Для характеристики продолжительности заливания верхней части дельты (полоев верхнего уровня) использовалась продолжительность стояния уровня воды на отметках выше +190 см (по Астраханской рейке). Для проведения статистического анализа хронологические параметры половодья переводились из календарного в численный формат, при этом в качестве нулевой точки отсчета использовалась дата 1 апреля. Она же служила точкой отсчета при проведении обратной операции.

В ходе первичной обработки данных из периода 1960-2001 гг. были выбраны годы-аналоги по годовому стоку воды для периода 1937-1953 гг. (табл. 1.5). Критерием для выбора служила максимальная близость значений годового стока, который далее обозначается V_y (км³). Объем притока воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ, который является оптимальным показателем увлажненности бассейна в период половодья, обозначается V_{if} , км³.

Таблица 1.5
Годы-аналоги по годовому стоку воды в вершине дельты из периода 1960-2001 гг. для периода 1937-1953 гг.

Период 1937-1953 гг.		Период 1960-2001 гг.	
Год	V_y , км ³	Год	V_y , км ³
1937	155,5	1975	166,7
1938	181,3	1967	181,1
1939	185,4	1976	184,8
1940	189,2	1977	185,6
1941	252,9	1962	246,3
1942	281,6	2001	281,8
1943	233,1	1971	232,0
1944	242,5	1997	243,0
1945	217,9	1972	217,0
1946	271,5	1978	271,9
1947	331,1	1990	334,0
1948	276,3	1995	278,6
1949	219,2	1965	219,5
1950	226,7	1961	228,6
1951	220,1	1969	221,0
1952	218,9	1964	216,4
1953	260,8	1963	262,1

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Для анализа процессов формирования стока загрязняющих веществ в работе использовались результаты экспедиции 1999 г. на судне «Экопатруль – 2» по маршруту от Нижнего Новгорода до Астрахани. Для характеристики современного состояния загрязненности и качества вод мелководной зоны устьевого взморья Волги использовались результаты экспедиционных работ, проводившихся в летне-осенний период 2000- 2001 гг. Исследуемый район, включающий в себя акваторию с глубинами 1-5 метров, был разбит на 4 части: а) отмелую с глубинами 1-3 метра; б) приглубую с глубинами 3-5 метров; в) восточную, расположенную у востоку от Тишковского канала; г) западную, расположенную к западу от Тишковского канала.

Исследования проводились на 30 станциях, схема расположения которых представлена на рис. 1.4. На всех станциях отбирались пробы воды с поверхностного и придонного горизонтов, а также пробы донных отложений. Общее количество проб составило: воды – 60 за одну съемку, донных отложений – 30 за одну съемку, всего за два года было отобрано 180 проб. Исследования осуществлялись в соответствии с требованиями, установленными нормативными документами.

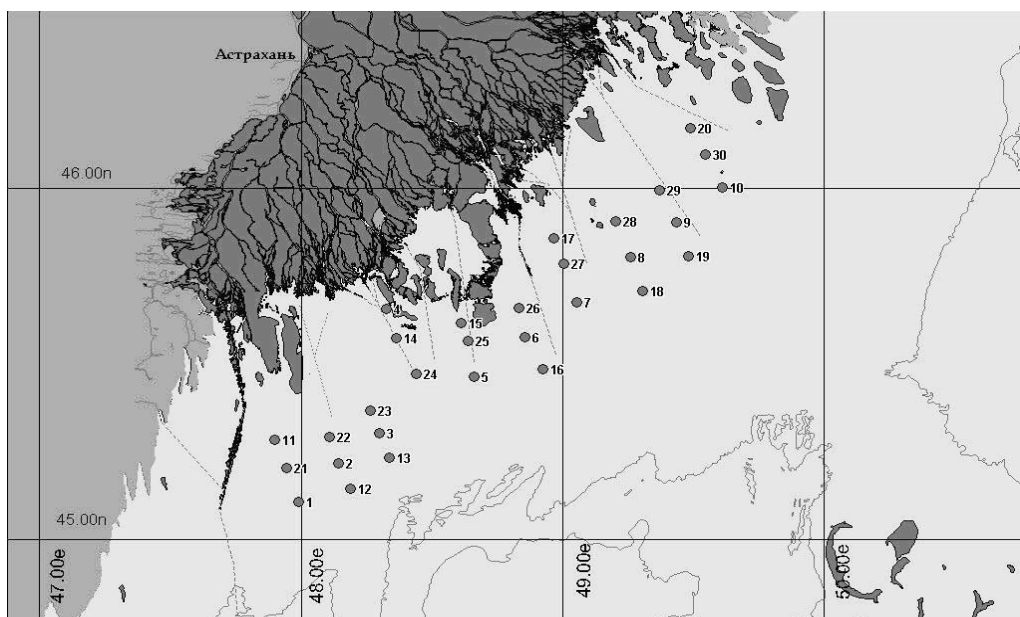


Рис. 1.4 Схема расположения станций в мелководной зоне Северного Каспия

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Отбор проб производился пластмассовым батометром Молчанова с использованием гидрологической лебедки “Нева”. Подготовка пробоотборного оборудования производилась в соответствии с нормативными документами.

Система для отбора проб донных отложений (дночерпатель Петерсена) опускалась за борт штатной судовой электромеханической лебедкой.

Для хранения и консервирования образцов проб воды и донных отложений использовались низкотемпературные морозильные камеры. Химический анализ отобранных проб проводился в аккредитованных лабораториях в соответствии с аттестованными методиками.

Статистический анализ данных проводился с помощью компьютерных программ «Microsoft Excel» и «Statistica».

1.5 Совместное влияние регулирования стока и его естественных колебаний на режим половодья и урожайность воблы и леща

Прежде чем перейти к анализу совместного влияния регулирования стока и его естественных колебаний на режим половодья и урожайность воблы и леща в устьевой области Волги, необходимо определить, какой вклад вносит каждый из упомянутых факторов в общую изменчивость стока половодья в вершине дельты Волги. От решения этого вопроса зависит выбор подхода к анализу поставленной задачи.

Под регулированием стока (R_{hw} , км³) далее подразумевается разность между притоком воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ (V_{if} , км³) и сбросом воды из него (V_{fw}) в период половодья (во втором квартале года). Учитывая небольшую разницу между сбросом воды из Волгоградского водохранилища и ее поступлением (V_{hw}) в вершину дельты Волги (Полонский и др., 1992), далее эти параметры (V_{fw} и V_{hw}) принимаются равными друг другу. Регулирование стока рассчитывается по формуле:

$$R_{hw} = V_{if} - V_{hw} \quad (1.1)$$

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Регулирование включает в себя ежегодное весеннее заполнение водохранилищ, испарение воды с их поверхности и забор воды на хозяйственные нужды. Все эти факторы имеют антропогенную природу, при этом предпочтение отдается заполнению водой водохранилищ (Байдин, 1956, 1962; Михайлов и др., 1977; Шикломанов, 1979, 1989; Круглова и др., 1994; Михайлов и др., 1993; Полонский и др., 1992).

Под естественными колебаниями стока далее подразумеваются изменения параметров V_{if} и V_{hw} , обусловленные изменениями увлажненности Волжского бассейна.

1.5.1 Вклад регулирования стока и его естественных колебаний в изменчивость стока половодья в дельте Волги

До введения в строй Волжско-Камского каскада ГЭС многолетние изменения стока Волги в основном определялись изменениями увлажненности бассейна, хозяйственное освоение его территории (в частности, сведение лесов) играло подчиненную и до конца не определенную роль (Волга и ее жизнь, 1978). Основная часть годового стока приходилась на половодье (Устьевая область, 1998). По данным наблюдений 1937-1953 гг. в период половодья (апрель-июль) через вершину дельты Волги проходило 66,0% годового стока (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Характеристика водного режима р. Волги до и после зарегулирования стока

Параметры	Средн.	Макс.	Мин.	σ , км ⁶	K_v , %
До зарегулирования стока (1937-1953 гг.)					
V_y , км ³	233,2	331,1	155,5	1781,8	18,1
V_{hw} , км ³	154,1	231,6	99,6	912,1	19,6
После зарегулирования стока (1960-2001 гг.)					
V_y , км ³	251,2	339,0	166,7	1965,3	17,6
V_{if} , км ³	159,6	217,0	101,5	810,0	17,9
R_{hw} , км ³	54,1	77,6	26,1	139,1	21,8
V_{hw} , км ³	105,4	159,6	56,8	697,9	25,0

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Связь между стоком половодья и годовым стоком характеризовалась высоким положительным значением коэффициента линейной корреляции ($r = 0,91$; $n = 17$), а соответствующее ей уравнение линейной регрессии имело следующий вид (по данным 1937-1953 гг.):

$$V_{hw} = 2,01 + 0,65 \times V_y \quad (n = 17, \sigma = 11,3) \quad (1.2)$$

После введения в строй Волжско-Камского каскада ГЭС приток воды к нему в период половодья в основном зависит от увлажненности бассейна. В период 1960-2001 гг. объем притока воды в период половодья в среднем составлял 63,5% годового стока (табл. 1.6).

Связь между параметрами V_{if} и V_y также характеризуется высоким положительным значением коэффициента линейной корреляции ($r = 0,86$; $n = 17$). Соответствующее ей уравнение линейной регрессии имеет следующий вид (по данным 1960-2001 гг.):

$$V_{if} = 21,21 + 0,55 \times V_y \quad (n = 41, \sigma = 14,8) \quad (1.3)$$

Зарегулирование стока привело к снижению объема половодья в дельте Волги. В период 1960-2001 гг. через ее вершину во втором квартале проходило в среднем 42,0% годового стока (табл. 3.1). Несмотря на регулирование стока изменения объема половодья в дельте Волги по-прежнему в основном определяются колебаниями увлажненности бассейна. Об этом свидетельствуют положительная связь этих изменений с колебаниями притока воды в Волжско-Камский каскад ($r = 0,91$; $n = 41$) и флуктуациями годового стока ($r = 0,87$; $n = 41$). Уравнения линейной регрессии, связывающие параметр V_{hw} с параметрами V_{if} и V_y имеют следующий вид (по данным 1960-2001 гг.):

$$V_{hw} = 0,85 \times V_{if} - 30,94 \quad (n = 41, \sigma = 11,3) \quad (1.4)$$

$$V_{hw} = 0,52 \times V_y - 24,48 \quad (n = 41, \sigma = 13,5) \quad (1.5)$$

Следует отметить, что уравнение (1.4) имеет определенное практическое значение, поскольку позволяет дать ориентировочную оценку стока половодья в дельте Волги в зависимости от прогнозируемого Гидрометцентром РФ объема притока воды к Волжско-Камскому каскаду во втором квартале.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Ярко выраженная зависимость изменчивости объема половодья в дельте Волги от увлажненности бассейна и одновременно отсутствие какой-либо зависимости V_{hw} от регулирования стока ($r = -0,07$; $n = 41$) объясняется довольно просто. Несмотря на достаточно большой суммарный полезный объем Волжско-Камских водохранилищ, равный $90,3 \text{ км}^3$ (Волга и ее жизнь, 1978), объем воды, используемой для их заполнения, является по сравнению с притоком воды к каскаду относительно постоянной величиной (Монахов, Макарова, 2002). Как следует из данных, приведенных в табл. 3.1, размах колебаний V_{if} в два раза больше размаха колебаний R_{hw} (под размахом колебаний подразумевается разность между максимальным и минимальным значением параметра). Учитывая, что V_{if} в среднем почти в три раза больше R_{hw} , дисперсия V_{if} в период 1960-2001 гг. оказалась почти в 6 раз больше дисперсии R_{hw} .

Из уравнения (1.1) следует, что

$$V_{hw} = V_{if} - R_{hw} \quad (1.6)$$

Принимая во внимание, что R_{hw} является относительно стабильной величиной, становится ясным, что дисперсия V_{hw} должна в основном определяться дисперсией V_{if} . Значение рассчитанного для регрессионной модели (1.4) коэффициента детерминации равно 0,83. Из этого следует, что дисперсия стока половодья в дельте Волги на 83% определяется дисперсией притока воды к Волжско-Камскому каскаду ГЭС. Таким образом, в настоящее время основной вклад в изменчивость объема половодья в вершине дельты Волги, несмотря на регулирование стока, вносят колебания увлажненности Волжского бассейна.

1.5.2 Анализ совместного влияния зарегулирования стока и его естественных колебаний на режим половодья и урожайность воблы и леща

Процедура анализа совместного влияния каких-либо двух факторов на зависимые от них переменные обычно включает в себя две стадии. На первой стадии анализируется действие первого фактора при различных, но фиксированных значениях второго фактора, а на второй стадии они меняются местами (Налимов, 1971; Шитиков и др., 2003).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В связи с тем, что изменения объема половодья в вершине дельты Волги в основном определяются колебаниями увлажненности бассейна или, как следует из раздела 1.5.1, дисперсией притока воды к Волжско-Камскому каскаду ГЭС (V_{if}), влиянием колебаний величины регулирования стока (R_{hw}) на V_{hw} можно в первом приближении пренебречь. Это допущение, сделанное в данной работе и облегчившее проведение анализа, позволяет рассматривать антропогенное воздействие как фактор, имеющий только два состояния – зарегулирование стока и отсутствие такового. Второму состоянию соответствует период времени, предшествующий строительству Волжско-Камского каскада (1937-1953 гг.), а первому – период времени, приходящийся на его эксплуатацию (1960-2001 гг.).

Благодаря этому обстоятельству изучение совместного влияния естественных колебаний и зарегулирования стока на режим половодья и урожайность воблы и леща в устьевой области Волги можно свести к оценке влияния зарегулирования стока на гидрологические условия и урожайность воблы и леща в устьевой области Волги при различном объеме половодья и сравнительному анализу влияния естественных колебаний стока половодья на гидрологические условия и урожайность воблы и леща в естественных условиях и после зарегулирования стока.

Объективная оценка влияния зарегулирования стока на гидрологические условия и урожайность рыб в устьевой области Волги может быть получена, на наш взгляд, только при сравнении одинаковых по водности лет, относящихся к двум периодам (1937-1953 гг. и 1960-2001 гг.). В этом случае влияние зарегулирования стока на зависимые параметры не искажается воздействием на них естественных колебаний стока. В свою очередь, ранжирование одинаковых по водности лет позволяет перейти к оценке влияния зарегулирования стока на гидрологические условия и урожайность рыб при различных состояниях увлажненности бассейна. Следует отметить, что в проводившихся ранее исследованиях это обстоятельство не учитывалось. Как следствие, оценки влияния зарегулирования стока на гидрологический режим и урожайность рыб были искажены воздействием природного фактора.

Оптимальным показателем состояния увлажненности бассейна в период половодья является приток воды к Волжско-Камскому каскаду ГЭС. Однако, в связи с отсутствием измерений V_{if} в период 1937-1953 гг. в

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

качестве показателя увлажненности бассейна в работе использовался годовой сток, имевший тесную связь в естественных условиях с объемом половодья, а в период 1960-2001 гг. – с притоком воды к Волжско-Камскому каскаду во втором квартале (см. разд. 1.5.1).

С учетом этих замечаний алгоритм анализа совместного влияния зарегулирования стока и его естественных колебаний на режим половодья и урожайность рыб в устьевой области Волги последовательно включал следующие шаги:

- выбор из периода 1960-2001 гг. года-аналога по годовому стоку воды в вершине дельты к каждому году из периода 1937-1953 гг. (формирование исходных выборок, см. гл. 2);
- статистический анализ параметров половодья и урожайности рыб в исходных выборках;
- ранжирование исходных выборок в порядке возрастания годового стока воды;
- обработку ранжированных выборок с помощью скользящих окон различной ширины (7, 9 и 11 лет) с шагом один год (формирование производных выборок);
- статистический анализ параметров половодья и урожайности рыб в производных выборках.

Оценка влияния зарегулирования стока на гидрологические условия и урожайность рыб в устьевой области Волги при различном объеме половодья включала:

- сравнение гидрологических параметров половодья и показателей урожайности рыб в исходных и одинаковых по рангу производных выборках;
- характеристику связи стока половодья с другими гидрологическими параметрами в исходных выборках;
- характеристику связи урожайности рыб с гидрологическими параметрами половодья в исходных выборках.

Сравнительный анализ влияния естественных колебаний стока на гидрологические условия и урожайность рыб в естественных условиях и после зарегулирования стока включал:

- сравнение гидрологических параметров половодья и показателей урожайности рыб в различных по рангу производных выборках;

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

- характеристику изменений связи стока половодья с другими гидрологическими параметрами по мере повышения ранга производных выборок;
- характеристику изменений связи урожайности рыб с гидрологическими параметрами половодья по мере повышения ранга производных выборок.

Основным недостатком изложенного выше подхода является небольшой объем исходных выборок ($n = 17$), который был ограничен наличием первичных данных для периода, предшествующего зарегулированию стока. С целью преодоления этого недостатка объем производных выборок менялся за счет изменения ширины «окна», с помощью которого они «нарезались» из ранжированных по годовому стоку рядов ($n = 7, 9, 11$). В ходе анализа во внимание в первую очередь принимались зависимости, устойчивые к ширине «окна». Изложению полученных результатов посвящены два последующих раздела.

1.5.3 Влияние зарегулирования стока на гидрологические условия и урожайность воблы и леща в годы различной водности

Сформированные исходные выборки, характеризующие два разных периода (1937-1953 гг. и 1960-2001 гг.), охватывают широкий диапазон годового стока р. Волги – от 160 до 330 км³. Сформулированный в предыдущем разделе подход к анализу данных позволяет дать оценку влияния зарегулирования стока на гидрологический режим и урожайность рыб в отношении указанного диапазона в целом и отдельных его интервалов (производных выборок), различающихся между собой по среднему значению годового стока. Так как преобладающее большинство выбранных лет-аналогов очень близки друг к другу по объему годового стока, исходные выборки, а также производные выборки одного ранга практически не отличаются друг от друга по среднему значению годового стока.

Полученные нами данные подтверждают существующее мнение о том, что зарегулирование стока явилось мощным фактором антропогенного воздействия на гидрологический режим половодья в дельте Волги. Практически все гидрологические параметры половодья в той или иной степени подверглись деформации (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Сравнение параметров половодья до и после зарегулирования (годы-аналоги по годовому стоку, по 17 лет до и после зарегулирования)

Средние значения объемных параметров половодья										
$V_y, \text{ км}^3$		$V_{\text{hm}}, \text{ км}^3$		$V_4, \text{ км}^3$		$V_5, \text{ км}^3$		$V_6, \text{ км}^3$		$V_7, \text{ км}^3$
До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.
233 ± 42	234 ± 42	154 ± 30,2	98,3 ± 26,4	15,7 ± 6,3	21,5 ± 11,1	51,3 ± 11,0	51,8 ± 10,7	59,0 ± 15,4	23,9 ± 9,0	28,2 ± 11,4
Средние значения параметров, характеризующих продолжительность половодья и его фаз										
$C_{\text{hm}}, \text{ сутки}$		$C_1, \text{ сутки}$		$C_a, \text{ сутки}$		$C_s, \text{ сутки}$				
До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.	После	До зарег.	После	
89,2 ± 13,9	52,9 ± 23,1	42,9 ± 6,4	25,5 ± 10,8	46,4 ± 15,2	27,5 ± 16,8	45,5 ± 14,1	30,3 ± 17,5			
Средние значения параметров, характеризующих скорость прохождения половодья										
$S_1, \text{ см/сут}$			$S_a, \text{ см/сут}$				$L_m, \text{ см/сут}$			
До зарег.		После		До зарег.		После		До зарег.		После
5,5 ± 0,8		9,1 ± 3,7		5,6 ± 1,9		8,8 ± 3,1		284 ± 44		246 ± 40
Средние значения параметров, характеризующих сроки прохождения половодья										
D_b			D_m				D_{fi}			
До зарег.		После		До зарег.		После		До зарег.		После
27.04 ± 7		1.05 ± 9		9.06 ± 8		26.05 ± 10		25.07 ± 14		23.06 ± 17
Урожайность полупроходных рыб										
$NV_{0+}, \text{ экз/час трал.}$					$NL_{0+}, \text{ экз/час трал.}$					
До зарег.			После		До зарег.			После		
154 ± 113			165 ± 178		160 ± 147			46 ± 66		

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Объем стока воды в период половодья (до зарегулирования – апрель-июль; после зарегулирования – апрель-июнь) сократился на 55,7 км³, а продолжительность – на 36 суток (в среднем для всего диапазона стока). Из объемных параметров половодья только сток в мае остался практически неизменным. Уменьшилась не только продолжительность половодья, но и другие его временные параметры (продолжительность подъема, спада и стояния уровня на высоких отметках). Несмотря на увеличение стока воды в апреле, обусловленное сработкой водохранилищ перед наступлением половодья, дата его начала передвинулась с 27 апреля на 1 мая. Изменились и другие хронологические параметры половодья. Резко возросла скорость подъема и спада воды, а максимальный уровень в среднем снизился на 38 см.

Все гидрологические параметры половодья можно разделить на три группы по степени воздействия на них зарегулирования стока. Критерием степени воздействия может служить среднеквадратическое отклонение (σ) того или иного параметра, характеризующее его изменчивость в естественных условиях. Далее воздействие зарегулирования стока на гидрологические параметры половодья считается: слабым, если разность между средними значениями того или иного параметра в естественных условиях и после зарегулирования стока (ниже обозначаемая как Δ) меньше σ ; умеренным, если Δ больше σ , но меньше 2σ ; сильным, если Δ превышает 2σ . Можно говорить, что при слабом воздействии зарегулирования стока на гидрологические параметры половодья, их значение не выходит за средние пределы колебаний, наблюдавшихся в естественных условиях. При умеренном воздействии оно укладывается в общие пределы (размах) колебаний, а при сильном воздействии выходит за эти пределы. Кроме того, было принято считать воздействие комплексным, если оно охватывало все группы гидрологических параметров (объемные, временные, скоростные и хронологические). В противном случае воздействие считалось избирательным. Также воздействие считалось устойчивым, если оно прослеживалось в годы различной водности, и неустойчивым, если этого не наблюдалось.

Предложенные критерии послужили основой для оценки степени и характера воздействия зарегулирования стока на гидрологические параметры половодья в дельте Волги.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

В соответствии с данными, приведенными в табл. 1.8, слабое воздействие носит избирательный характер и в основном касается параметров, характеризующих первую фазу половодья (подъем воды). Устойчивое слабое воздействие зафиксировано только в отношении двух параметров (даты начала половодья и стока воды в мае). Умеренное воздействие в основном носит избирательный характер, комплексным оно становится только в годы средней водности. Устойчивое умеренное воздействие касается только одного параметра – продолжительности спада половодья. Наиболее широкий круг параметров подвергается сильному воздействию в маловодные годы, с повышением водности этот круг сужается и оно утрачивает комплексный характер. Устойчивое сильное воздействие распространяется только на три параметра (продолжительности подъема воды, стока воды в июне и даты окончания половодья).

Таблица 1.8

Степень воздействия зарегулирования стока на гидрологические параметры половодья в дельте Волги

Слабое ($\Delta < \sigma$)	Умеренное ($\sigma < \Delta < 2\sigma$)	Сильное ($\Delta > 2\sigma$)
Весь диапазон стока		
V_4, V_5, D_b, L_m	V_{hw}, C_a, C_s, D_m	$V_6, C_{hw}, C_l, S_l, S_a, D_{fi}$
Маловодные годы ($V_y = 225 \text{ км}^3, n = 9$)		
V_4, V_5, D_b, L_m	C_a, D_m	$V_{hw}, V_6, C_{hw}, C_l, C_s, S_l, S_a, D_{fi}$
Средневодные годы ($V_y = 245 \text{ км}^3, n = 9$)		
V_5, D_b, L_m	$V_4, C_a, C_s, S_l, S_a, D_m$	$V_{hw}, V_6, C_{hw}, C_l, D_{fi}$
Многоводные годы ($V_y = 265 \text{ км}^3, n = 9$)		
V_5, D_b	$V_{hw}, V_4, C_a, C_s, C_{hw}, S_l, S_a, L_m$	V_6, C_l, D_m, D_{fi}

В целом наши данные подтверждают мнение о том, что воздействие зарегулирования стока на гидрологические параметры половодья снижается при повышении водности лет (Алехина, Финаева, 2001; Катунин, 1971). Об этом свидетельствует снижение отношения Δ/σ по мере повышения V_y , характерное для большинства гидрологических параметров половодья (рис. 1.5). Однако о восстановлении естественного режима половодья в многоводные годы говорить не приходится, так как наряду с сокращением числа параметров, испытывающих сильное воздействие, уменьшается число параметров, испытывающих слабое воздействие (табл. 1.8). О том, что

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

восстановление естественного режима невозможно, свидетельствует и то, что многоводные годы после зарегулирования стока существенно отличаются по режиму половодья от маловодных лет в естественных условиях. В частности, разность между V_6 , S_1 , $D_{\text{ф}}$ многоводных лет после зарегулирования стока и аналогичными параметрами маловодных лет в естественных условиях оказалась больше 2σ .

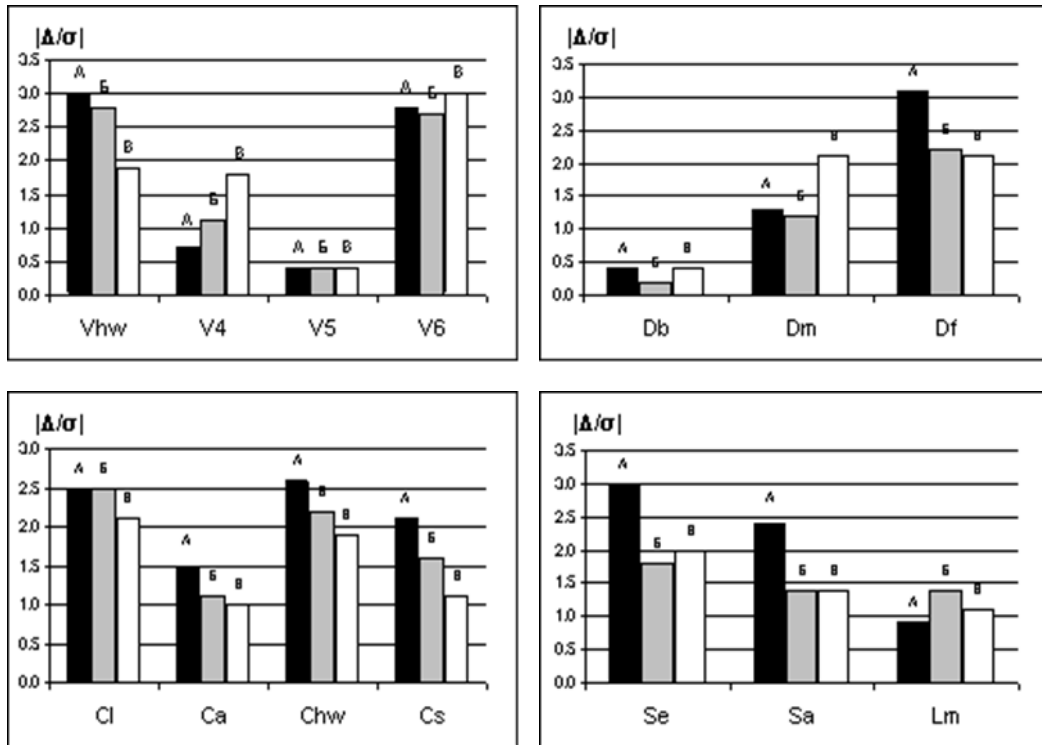


Рис. 1.5 Изменение степени воздействия зарегулирования стока на гидрологические параметры половодья в годы различной водности (А – маловодные годы; Б – годы средней водности; В – многоводные годы)

Приведенный выше анализ свидетельствует, что антропогенное воздействие на режим половодья в дельте Волги в основном выразилось в сокращении продолжительности подъема воды и уменьшении ее стока в летние месяцы, так как изменения этих гидрологических условий, обусловленные зарегулированием, носят сильный, устойчивый характер и не компенсируются повышением водности лет. Иллюстрацией к этому выводу являются гидрографы половодья в естественных условиях и после заре-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

гулирования стока в одинаковые по водности годы, изображенные на рис. 1.6.

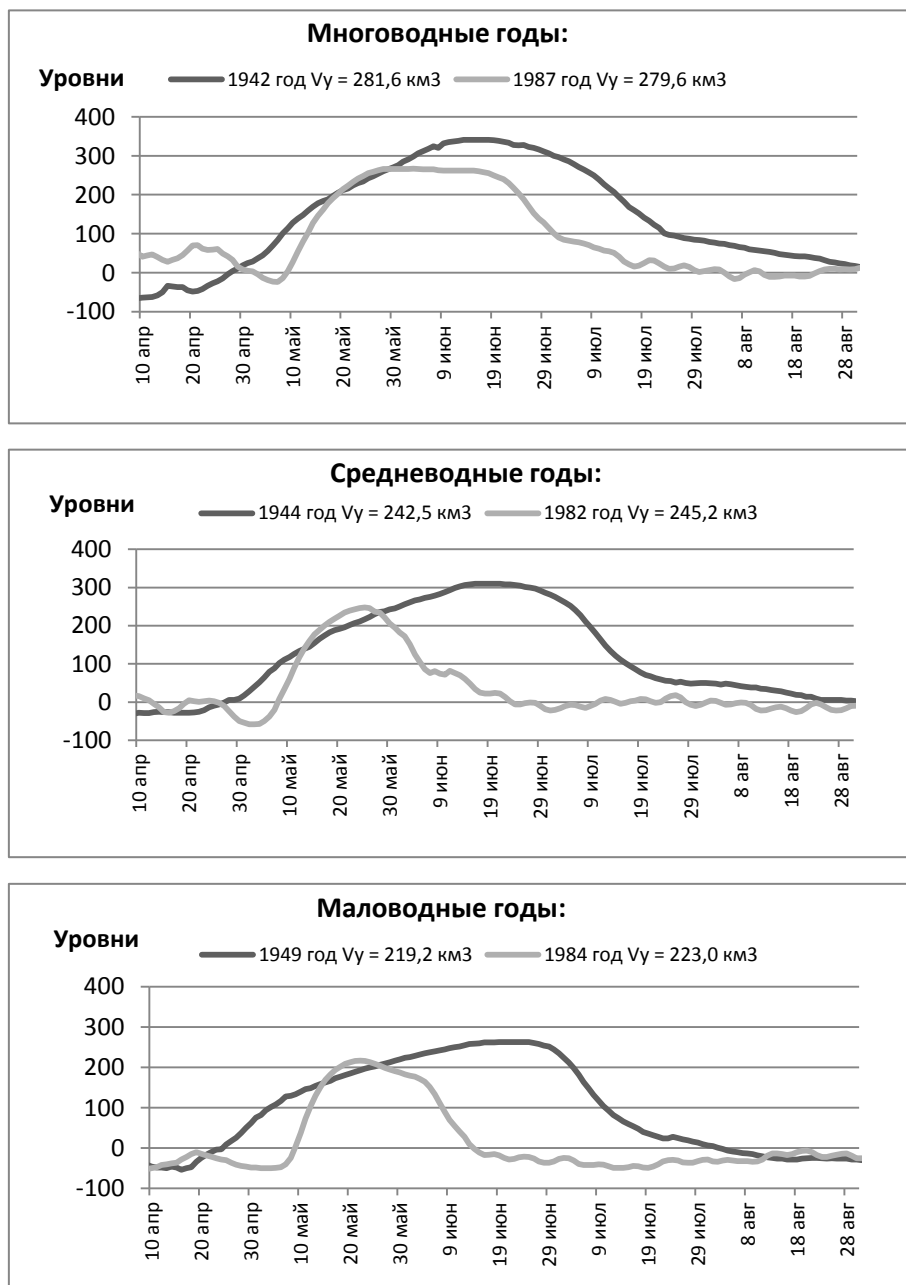


Рис. 1.6 Изменение уровня воды у г. Астрахани в период с 1 апреля по 31 августа в естественных условиях и после зарегулирования стока

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

В естественных условиях изменения стока половодья находились в тесной связи с максимальным уровнем ($r = 0,91$; $n = 17$), с продолжительностью стояния уровня на отметках, превышающих 190 см ($r = 0,96$; $n = 17$) и стоком воды в июне ($r = 0,86$; $n = 17$). Достоверной, но более слабой была положительная связь V_{hw} с другими объемными параметрами половодья, а также с продолжительностью и скоростью подъема воды (табл. 1.9).

Результаты корреляционного анализа указывают, что в естественных условиях увеличение объема половодья в основном происходило за счет наращивания его высоты, а не увеличения продолжительности. Об этом также свидетельствует отсутствие связи V_{hw} с продолжительностью половодья, со всеми хронологическими параметрами, со скоростью и продолжительностью спада воды.

Таблица 1.9

Выраженная в коэффициентах линейной корреляции связь объема половодья (V_{hw}) с другими гидрологическими параметрами до и после зарегулирования стока ($n = 17$)

Период	Параметры			
	V_4	V_5	V_6	V_7
До зарегулирования	0,53	0,60	0,86	0,62
После зарегулирования	0,85	0,86	0,82	–
	C_1	C_a	C_{hw}	C_s
До зарегулирования	0,60	0,03	0,31	0,96
После зарегулирования	0,77	0,84	0,97	0,96
	D_b	D_m	D_{fi}	
До зарегулирования	-0,15	0,33	0,24	
После зарегулирования	-0,81	0,00	0,85	
	S_1	S_a	L_m	
До зарегулирования	0,53	0,32	0,91	
После зарегулирования	-0,66	-0,68	0,85	

Примечание: жирным курсивом выделены значения коэффициента корреляции, значимые при $P_{0,05}$; подчеркнуты значения, значимые при $P_{0,01}$.

После зарегулирования стока ситуация кардинально изменилась. Все гидрологические параметры половодья, за исключением даты наступ-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ления максимального уровня, оказались связанными со стоком половодья (табл. 1.9), при этом самое высокое значение коэффициента линейной корреляции приобрела связь V_{hw} с продолжительностью половодья ($r = 0,97$; $n = 17$).

Зарегулирование стока никак не повлияло на характер связи V_{hw} с максимальным уровнем и продолжительностью его стояния на отметке, превышающей 190 см, а связь V_{hw} с другими объемными параметрами половодья стала более тесной. Не только продолжительность подъема, как это было в естественных условиях, но и продолжительность спада воды стала зависеть от объема половодья.

Интересно, что связь V_{hw} со скоростями спада и подъема воды приобрела отрицательный характер. То же самое произошло и со связью V_{hw} с датой начала половодья, теперь в многоводные годы оно начинается раньше, чем в маловодные.

Результаты корреляционного анализа указывают, что после строительства Волжско-Камского каскада ГЭС колебания стока половодья сопровождаются изменениями длины и высоты его волны в дельте Волги, тогда как в естественных условиях эти колебания обычно отражались только на высоте этой волны.

После строительства Волжско-Камского каскада ГЭС урожайность леща снизилась со 160 до 46 экз/час трал., а воблы несколько повысилась – со 154 до 165 экз/час трал. (в среднем для всего диапазона годового стока). Как следует из данных приведенных в табл. 1.10, характер и степень воздействия зарегулирования стока на урожайность воблы зависит от водности лет.

По сравнению с естественными условиями урожайность воблы в маловодные годы снизилась примерно на треть, в годы средней водности она практически не изменилась, а в многоводные она возросла, но также примерно на треть.

Воздействие зарегулирования стока на урожайность леща было более сильным, чем на урожайность воблы. В маловодные и средневодные годы значение $NL0+$ снизилось по сравнению с естественными условиями в среднем примерно на 80%. Только в многоводные годы это снижение было менее выраженным (примерно на 65%). Из этого следует, что степень

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

воздействия зарегулирования стока на урожайность леща слабо зависит от водности лет, то есть носит более устойчивый характер.

Таблица 1.10

**Урожайность воблы и леща (экз/час) в естественных условиях (А) и после
зарегулирования стока (Б), а также воздействие зарегулирования стока на
урожайность рыб в годы различной водности**

V _y км ³ n=9	Вобла						Лещ					
	А		Б		Воздей- ствие		А		Б		Воздей- ствие	
	NV ₀ +	σ	NV ₀ +	σ	Δ	Δ/σ _А	NL ₀₊	σ	NL ₀₊	σ	Δ	Δ/σ _А
202	123	74	85	48	38	0,51	90	89	17	10	71	0,80
210	128	69	94	46	34	0,49	99	87	17	10	72	0,83
217	126	69	90	45	36	0,52	116	107	27	28	89	0,83
224	141	95	111	46	30	0,32	155	164	25	28	130	0,79
232	128	85	115	49	13	0,15	124	160	25	28	99	0,62
238	144	92	122	38	22	0,24	150	161	24	28	126	0,78
245	139	93	141	64	-2	-0,02	172	161	37	46	135	0,84
252	183	131	221	215	-38	-0,29	213	167	65	83	148	0,88
264	172	138	243	213	-71	-0,51	216	164	73	81	143	0,87

Примечание: знак «минус», стоящий при показателях воздействия, указывает на повышение урожайности рыб после зарегулирования стока по сравнению с естественными условиями

Из-за того, что изменчивости урожайности воблы и леща в естественных условиях был свойствен широкий размах колебаний, средние значения NV₀₊ и NL₀₊ после зарегулирования стока вполне укладывались в средние пределы этих колебаний. В соответствии с предложенным ранее (для гидрологических параметров) критерием σ, воздействие зарегулирования стока на урожайность воблы и леща, следует расценивать как слабое. Однако, использование одного этого критерия в отношении параметров, характеризующих состояние воспроизводства биологических ресурсов, вряд ли целесообразно, здесь он должен сочетаться с экологическими и экономическими критериями.

Достаточно широкий размах колебаний был свойствен NV₀₊ и NL₀₊ и после зарегулирования стока (табл. 1.10). Его верхние пределы указывают, что при обеспечении стабильно высоких урожаев полупроходных рыб, уровень их естественного воспроизводства может быть повышен даже в

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

условиях зарегулирования стока. При этом урожайность воблы в маловодные годы может достигнуть средних значений в естественных условиях. Урожайность леща может быть повышена в маловодные годы в полтора раза, а в средние и многоводные годы – в два раза. Однако при этом в маловодные годы она будет на 70%, в средние по водности годы – на 50%, а в многоводные годы – на 30% меньше, чем в естественных условиях.

До зарегулирования стока урожайность воблы находилась в наиболее прочной связи со стоком воды в июле (табл. 1.11). Достоверной была также связь NV_{0+} со стоком воды в июне, максимальным уровнем и датой его наступления. При этом зависимость урожайности воблы от названных гидрологических параметров была прямо пропорциональной (для всего диапазона годового стока).

Таблица 1.11
Выраженная в коэффициентах линейной корреляции связь урожайности воблы (NV_{0+}) с гидрологическими параметрами половодья до и после зарегулирования стока (n = 17)

Период	Параметры				
	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	V_7
До зарегулирования	0,27	-0,36	-0,27	0,43	0,60
После зарегулирования	0,63	0,54	0,64	0,39	–
	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	
До зарегулирования	0,16	0,02	0,10	0,30	
После зарегулирования	0,40	0,55	0,59	0,57	
	D_b	D_m	D_{ff}		
До зарегулирования	0,38	0,48	0,32		
После зарегулирования	-0,56	-0,14	0,47		
	S_l	S_a	L_m		
До зарегулирования	0,40	0,10	0,41		
После зарегулирования	-0,25	-0,37	0,74		

Примечание: жирным шрифтом выделены значения коэффициента корреляции, значимые при $P_{0,10}$; жирным курсивом выделены значения коэффициента корреляции, значимые при $P_{0,05}$, из них подчеркнуты значения, значимые при $P_{0,01}$

Для урожайности леща в естественных условиях также была характерна положительная связь с этими параметрами, при этом она была более прочной, чем у воблы (табл. 1.12).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.12

**Выраженная в коэффициентах линейной корреляции связь урожайности
леща (NL_{0+}) с гидрологическими параметрами половодья до и после
зарегулирования стока ($n = 17$)**

Период	Параметры				
	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	V_7
До зарегулирования	0,41	-0,34	-0,21	0,57	0,72
После зарегулирования	0,63	0,52	0,58	0,49	–
	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	
До зарегулирования	0,26	-0,09	0,02	0,44	
После зарегулирования	0,47	0,52	0,59	0,61	
	D_b	D_m	D_{fi}		
До зарегулирования	0,39	0,57	0,24		
После зарегулирования	-0,44	0,05	0,55		
	S_1	S_a	L_m		
До зарегулирования	0,39	0,22	0,51		
После зарегулирования	-0,21	-0,42	0,74		

Примечание: то же, что и к табл. 1.11

Перечень гидрологических параметров, от которых зависела урожайность леща в естественных условиях, был шире, чем у воблы. В него помимо названных четырех параметров входили объем половодья и продолжительность стояния уровня на отметках, превышающих 190 см. При этом связь NL_{0+} с указанными двумя параметрами также была положительной. Учитывая тесную зависимость урожайности воблы и леща от стока воды в летние месяцы (июнь и июль) и от даты наступления максимального уровня (в среднем в период 1937-1953 гг. она приходилась на 9 июня) можно говорить о благоприятном воздействии позднего половодья на воспроизводство воблы и леща в естественных условиях. При этом нельзя исключать того, что позднее половодье благоприятствовало не столько размножению воблы и леща, сколько выживаемости сеголеток в Северном Каспии.

Учитывая, что гидрологические параметры, от которых в естественных условиях зависела урожайность воблы и леща, оказались в наибольшей степени деформированы антропогенным воздействием (табл.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

1.7), можно было предполагать, что зависимость от них урожайности после зарегулирования стока утратит свое значение. В то же время можно было ожидать существенного расширения числа гидрологических параметров, от которых зависит урожайность полупроходных рыб. Основой для этого предположения является известная из литературы зависимость урожайности от стока половодья (Научные основы, 1998) и связь V_{hw} с широким кругом других гидрологических параметров, выявленная после зарегулирования стока (табл. 1.8).

Данные, приведенные в табл. 1.11 и 1.12, указывают, что оба этих ожидания оправдались. С одной стороны перечень гидрологических параметров половодья, от которых зависит урожайность воблы и леща существенно расширился, с другой стороны из него исчезли параметры D_m и V_6 (после зарегулирования стока связь NL_{0+} с V_6 сохранилась, но существенно ослабла).

Очевидно, что зависимость NV_{0+} и NL_{0+} от широкого круга гидрологических параметров половодья носит отчасти вторичный характер, т.е. объясняется тесной связью последних друг с другом и со стоком половодья. После зарегулирования стока урожайность воблы и леща находится в тесной связи с V_{hw} ($r = 0,63$; $n = 17$). Исходя из этого, следует полагать, что из других гидрологических параметров на урожайность рыб влияют лишь те, связь которых с NV_{0+} и NL_{0+} является не менее прочной, чем связь урожайности с V_{hw} . Таких параметров оказалось всего два, при этом у одного из них, а именно максимального уровня воды, коэффициент линейной корреляции с NV_{0+} и NL_{0+} ($r = 0,74$; $n = 17$) был выше, чем у связи урожайности с V_{hw} . Для урожайности воблы была также характерна тесная связь со стоком воды в мае ($r = 0,64$; $n = 17$), а для урожайности леща – с продолжительностью стояния уровня на отметках, превышающих 190 см ($r = 0,61$; $n = 17$).

Из числа зависимостей, характерных для естественных условий, после зарегулирования стока у воблы сохранилась (и даже упрочилась) только связь урожайности с максимальным уровнем, а у леща сохранились и также упрочились связи с максимальным уровнем, стоком половодья и продолжительностью стояния уровня на отметках, превышающих 190 см.

Фактором, опосредствующим связь урожайности рыб с максимальным уровнем воды, по всей вероятности, является площадь затапливаемой

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

во время половодья территории поймы и дельты Волги (из-за отсутствия данных многолетних наблюдений за площадью затопления этот параметр в работе не рассматривался; расчетные данные о площади затопления во внимание не принимались, поскольку они основаны на ее зависимости от максимального уровня воды (Устьевая область, 1998), т.е. фактора, учитываемого в данной работе.

Результаты корреляционного анализа свидетельствуют, что зарегулирование стока привело не только к изменению урожайности рыб, но и к изменению ее зависимости от гидрологических параметров половодья. В естественных условиях повышению урожайности воблы и леща во всем диапазоне стока благоприятствовало позднее половодье, а после строительства Волжско-Камского каскада урожайность тесно связана с площадью территории, затапливаемой во время половодья, при этом на урожайность воблы влияет также сток воды в период обводнения нерестилищ, а на урожайность леща – продолжительность этого периода.

1.5.4 Влияние естественных колебаний водности на гидрологические условия и урожайность воблы и леща до и после зарегулирования стока р. Волги

Размах многолетних колебаний водного стока Волги достаточно широк и в основном обусловлен изменениями суммы атмосферных осадков, выпадающих в ее бассейне (Давыдов, 1953; Калинин и др., 1975). В свою очередь колебания водного стока способствуют изменениям гидрологических условий в устьевой области реки, прежде всего в период половодья, на который приходится основная часть годового стока (Давыдов, 1955).

Для характеристики зависимости гидрологических условий и урожайности рыб от водности лет использовались данные статистического анализа производных выборок. Напомним, что основой для формирования производных выборок служили ранжированные по годовому стоку временные ряды исследуемых параметров. Производные выборки формировались с помощью скользящих «окон» различной ширины ($n = 7, 9, 11$). С учетом объема исходных выборок ($N = 17$) для каждого параметра было сформировано 11 производных выборок при минимальной ширине «окна»

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

($n = 7$), 9 производных выборок при средней ширине «окна» ($n = 9$) и 7 производных выборок при максимальной ширине «окна» ($n = 11$).

Для каждой производной выборки рассчитывались средние значения и среднеквадратические отклонения параметров. В отношении производных выборок одинаковых по объему и рангу проводился парный корреляционный анализ каждого из гидрологических параметров и показателей урожайности со стоком воды в половодье (V_{hw}), как показателем водности лет. Ранг производной выборки соответствует сдвигу «окна» от начала ряда (St). Поскольку все ряды были ранжированы по годовому стоку, повышение ранга означает увеличение водности. Поэтому далее везде, где говорится о зависимости исследуемых параметров от ранга выборки, подразумевается их зависимость от водности лет. В связи с большим объемом полученных материалов в тексте помещены только данные анализа производных выборок, сформированных с использованием минимального «окна» ($n = 7$).

Далее зависимость исследуемых параметров от водности лет оценивается как устойчивая, если она сохраняется во всех производных выборках безотносительно к их рангу и объему. В противном случае зависимость оценивается как неустойчивая. Сохранение зависимости в данном случае означает сохранение достоверности коэффициента линейной корреляции. Повышение или снижение уровня значимости этого коэффициента оценивается, соответственно, как усиление или ослабление зависимости.

Анализ динамики отношений скорости подъема воды к скорости ее спада и продолжительности подъема к продолжительности спада показал, что эти отношения с повышением водности изменялись достаточно закономерно (рис. 1.7). Наиболее высокие значения C_1/C_a и, наоборот, наиболее низкие значения S_1/S_a были характерны для самых маловодных и многоводных лет. В средние по водности годы картина менялась на противоположную. В общем можно говорить о наличии во все годы определенной асимметрии в распределении стока половодья во времени. При высоких значениях C_1/C_a кривая подъема воды выглядела более пологой относительно кривой спада воды. Такая картина наблюдалась в экстремальные по водности годы, а в годы средней водности более пологой была кривая спада воды. С повышением водности менялся не только знак, но и степень асимметрии. Если весь диапазон водности разбить на два интервала

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

(меньше и больше среднего значения V_y), то во втором интервале значение C_1/C_a и S_1/S_a было более близко к единице, чем в первом интервале (рис. 1.7). Это означает, что с повышением водности степень асимметрии стока половодья в естественных условиях уменьшалась.

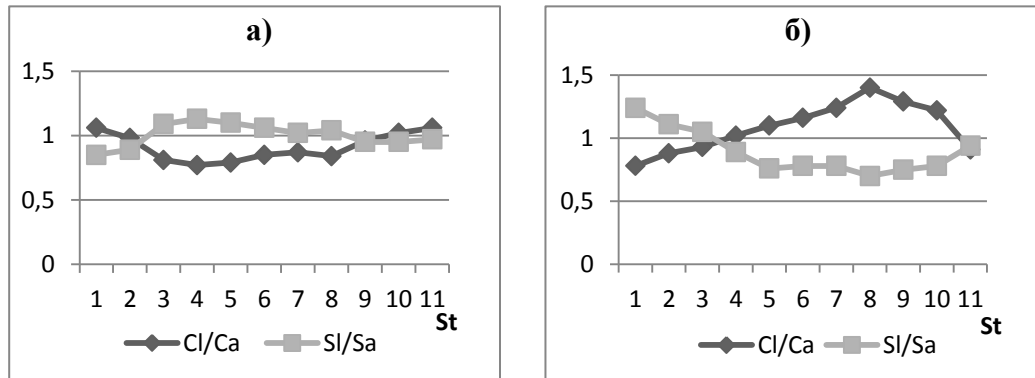
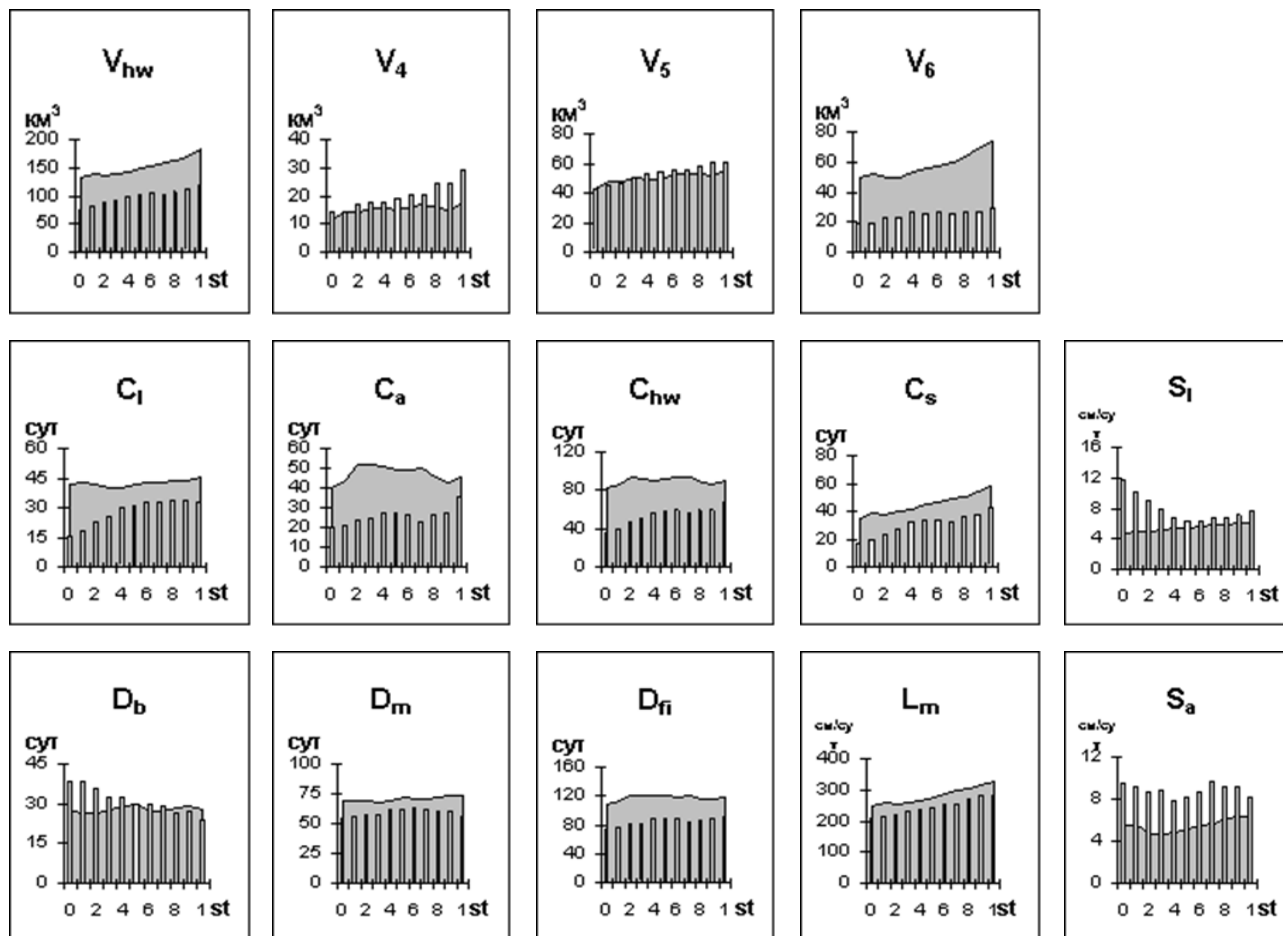


Рис. 1.7 Динамика отношений скорости подъема воды (S_1) к скорости ее спада (S_a) и продолжительности подъема (C_1) к продолжительности спада (C_a) в годы различной водности до зарегулирования стока (а) и после (б)

После зарегулирования стока большинство гидрологических параметров половодья довольно однообразно реагируют на увеличение водности. Для большинства из них характерно постепенное возрастание значений (рис. 1.8), особенно ярко выраженное при сглаживании кривых (табл. 1.13 и 1.14). Исключением являются дата максимального уровня, в колебаниях которой не заметно линейного тренда, а также три параметра (D_b , S_1 и S_a), величины которых снижаются по мере увеличения водности.

Интересно отметить, что после зарегулирования стока стала наблюдаться определенная зависимость даты начала половодья от водности лет. В маловодные годы ($V_y = 195 \text{ км}^3$, $n = 7$) половодье в среднем начинается 8 мая, что на две недели позже, чем в многоводные годы ($V_y = 275 \text{ км}^3$, $n = 7$), когда его начало в среднем приходится на 24 апреля.



St, лет	Vy, км ³	
	1937-1953	1960-2001
0	195,3	195,9
1	204,6	203,6
2	211,1	210,4
3	217,9	217,2
4	225,5	225,4
5	230,5	229,6
6	236,5	236,1
7	243,9	243,6
8	252,0	251,8
9	259,8	259,4
10	273,8	274,0

Рис. 1.8 Изменение параметров половодья в различные по водности годы в естественных условиях и после зарегулирования стока

Таблица 1.13

Средние значения гидрологических параметров половодья и показателей урожайности воблы (NV_{0+} экз/час) и леща (NL_{0+} экз/час)

Период: 1937-1953 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1959-2001 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от начала ряда, лет	F_v						F_c				F_d			F_s			F_p	
	V_y	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	V_7	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_l	S_a	L_m	NV_{0+}	NL_{0+}
0	195	131	12,2	50,1	50,1	23,9	42,0	39,6	81,6	34,6	27,1	69,1	109	4,7	5,5	246	134	108
1	205	138	14,1	52,2	52,2	24,2	43,0	43,7	86,7	38,9	26,7	69,7	113	4,9	5,5	259	150	108
2	211	137	14,5	49,6	49,6	24,2	42,0	51,6	93,6	38,0	26,7	68,7	120	5,0	4,6	255	135	90,0
3	218	139	15,5	49,7	49,8	24,1	40,1	52,1	92,3	39,6	27,6	67,7	120	5,2	4,6	257	115	83,0
4	226	142	15,3	53,1	53,1	24,8	40,1	50,7	90,9	41,4	29,1	69,3	120	5,3	4,8	262	95,0	83,0
5	231	148	14,8	56,2	56,2	28,5	41,7	49,3	91,0	45,3	29,7	71,4	121	5,5	5,2	277	129	151
6	237	153	16,3	56,9	56,9	26,8	43,0	49,3	92,3	46,6	27,0	70,0	119	5,6	5,5	287	131	148
7	244	158	16,7	59,2	59,2	28,8	42,7	50,4	93,1	48,6	27,1	69,9	120	5,8	5,6	298	157	181
8	252	163	15,3	64,1	64,1	30,5	43,3	45,3	88,6	50,9	28,3	71,6	117	5,8	6,1	302	151	212
9	260	171	15,0	70,1	70,1	34,2	43,7	42,7	86,4	54,4	29,4	73,1	116	6,1	6,4	316	210	266
10	274	183	17,3	73,4	73,4	36,8	45,6	45,3	90,1	58,4	27,7	73,3	119	6,1	6,3	326	206	252
Весь ряд	233	154	15,7	51,3	59,0	28,2	42,9	46,4	89,2	45,5	26,6	69,5	116	5,5	5,6	284	154	160

Таблица 1.14

Средние значения гидрологических параметров половодья и показателей урожайности воблы (NV_{0+} экз/час) и леща (NL_{0+} экз/час)

Период: 1959-2001 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1937-1953 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от нача- ла ряда, лет	F_v					F_c				F_d			F_s			F_p	
	V_y	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_l	S_a	L_m	NV_{0+}	NL_{0+}
0	196	76	14,1	42,3	18,7	15,7	20,1	35,9	16,3	38,4	54,1	74,3	11,8	9,5	211	72	16
1	204	80	14,3	45,1	19,5	18,4	20,9	39,3	19,3	38,1	56,6	77,45	10,1	9,1	214	85	17
2	210	87	16,8	46,9	22,4	22,3	24,0	46,3	23,3	35,6	57,9	81,9	9,1	8,7	221	88	19
3	217	92	17,7	50,9	22,7	25,3	24,7	50	26,9	32,4	57,7	82,4	7,8	8,8	230	103	14
4	225	99	17,9	53,3	26,1	29,7	26,9	56,6	32,1	32,4	62,1	89,0	6,8	7,9	238	96	28
5	230	101	19,3	54,6	25,4	31,3	27,0	58,3	33,3	30,0	61,3	88,3	6,3	8,1	242	121	29
6	236	105	20,1	55,6	26,6	33,0	26,6	59,6	33,0	29,6	62,6	89,1	6,3	8,7	252	128	27
7	244	103	20,3	56,0	25,1	32,4	23,1	55,6	32,1	29,3	61,7	84,9	6,7	9,6	256	129	27
8	252	110	24,7	58,2	26,1	33,9	26,3	60,1	35,9	26,3	60,1	86,4	6,8	9,1	270	152	44
9	259	112	24,1	60,5	26,4	33,4	27,3	60,7	37,3	27,1	60,6	87,9	7,2	9,2	282	247	78
10	274	120	28,9	60,3	29,0	32,4	35,7	68,1	43,1	24,1	56,6	92,3	7,6	8,1	284	276	89
Весь ряд	234± 42	98± 26	21,5	51,8	23,9	25,5	27,5	52,9	30,3	30,7	56,2	83,6	9,1	8,8	246	165	46

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Изменения гидрологических параметров, обусловленные повышением водности, не всегда носят равномерный характер. Отклонения от линейного тренда характерны для скорости и продолжительности подъема и спада воды, то есть тех параметров, которые в естественных условиях также были подвержены колебаниям. Динамика отношений C_1/C_a и S_1/S_a указывает на наличие асимметрии в распределении стока половодья во времени (рис. 1.7), что имело место и в естественных условиях. Однако изменения асимметрии, обусловленные повышением водности, после зарегулирования стока приняли совсем иной (можно сказать, прямо противоположный) характер, чем это было до строительства каскада водохранилищ. Теперь превышение скорости подъема над скоростью спада воды наблюдается в маловодные и многоводные годы, а в средние по водности годы кривая подъема выглядит более пологой по сравнению с кривой спада воды. После зарегулирования повысилась степень асимметрии, характеризуемая отклонением значений C_1/C_a и S_1/S_a от единицы (рис. 1.7). С повышением водности эта степень стала возрастать, только в многоводные годы распределение стока между фазами подъема и спада воды выглядит относительно равномерным.

Таким образом, после зарегулирования стока усилилось влияние изменений водности лет на формирование гидрологического режима половодья в дельте Волги. При этом не только увеличилось число параметров, зависящих от водности (см. раздел 1.5.3), но и изменился характер этой зависимости. В частности, зависимость распределения стока по фазам половодья от водности лет приобрела после зарегулирования характер, прямо противоположный тому, что наблюдался в естественных условиях. На антропогенное изменение характера зависимости гидрологических параметров половодья от водности лет указывают также результаты корреляционного анализа, обсуждаемые ниже.

В естественных условиях среди объемных параметров половодья наиболее устойчивая зависимость от водности лет была характерна для стока воды в июне, хотя и она утрачивала достоверный характер в выборках небольшого объема (табл. 1.15). Неустойчивая (во всех выборках безотносительно к их объему) зависимость от V_{hw} была характерна для стока воды в апреле, мае и июле. Связь V_{hw} со стоком воды в июле усиливалась с повышением водности лет, а со стоком воды в весенние месяцы – при уве-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

личении отношения скорости подъема к скорости спада воды, что характерно для лет, водность которых была ниже нормы.

После зарегулирования стока связь V_{hw} , с объемными параметрами половодья стала достоверной во всех выборках большого объема безотносительно к их рангу. Зафиксированное в отдельных выборках небольшого объема ($n = 7$ и 9) ослабление связи V_{hw} , с объемными параметрами половодья (табл. 1.16) очевидно объясняется сдвигом начала половодья с мая на апрель и перераспределением стока между фазами половодья по мере повышения водности лет. Таким образом, после строительства каскада водохранилищ, несмотря на уменьшение объема половодья, усилилась и стала более устойчивой зависимость его объемных параметров от водности лет.

Из временных параметров половодья в естественных условиях устойчивая связь с водностью лет была характерна только для продолжительности стояния уровня воды на отметках, превышающих 190 см. Усиление связи V_{hw} с продолжительностью половодья наблюдалось только при равномерном распределении стока между фазами половодья (при отношениях C_1/C_a и S_1/S_a , близких к единице), что было характерно для крайне маловодных и многоводных лет. Неустойчивой в естественных условиях была связь V_{hw} с продолжительностью подъема и спада воды. Она проявлялась только в годы повышенной (относительно нормы) водности одновременно с усилением связи V_{hw} со стоком воды в июне и июле (табл. 1.15). При этом связь V_{hw} с продолжительностью подъема воды была положительной, а с продолжительностью спада воды – отрицательной.

После зарегулирования стока резко усилилась и приняла устойчивый характер зависимость продолжительности половодья от водности лет. Связь продолжительности подъема и спада воды с V_{hw} также усилилась и стала более устойчивой, достоверный характер она утрачивала только в нескольких случаях выборках небольшого объема (табл. 1.15). Зарегулирование стока практически не повлияло на характер зависимости продолжительности стояния уровня на отметках, превышающих 190 см, от водности лет. После строительства каскада водохранилищ она осталась такой же, какой была в естественных условиях, т.е. устойчивой и сильной.

Таблица 1.15

Связь объема стока воды в половодье (V_{hw} , км³) с другими гидрологическими параметрами, выраженная в коэффициентах линейной корреляции

Период: 1937-1953 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1960-2001 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от начала ряда, лет	Средние значения объемов годового стока (V_y , км ³) и стока воды в половодье (V_{hw} , км ³)		F_v				F_c				F_d			F_s		
	V_y	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	V_7	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_1	S_a	L_m
0	195±25	131±14	-0,24	0,48	0,83	0,38	0,66	-0,28	0,20	0,88	0,14	0,74	0,33	-0,17	0,50	0,70
1	205±17	138±9	0,84	0,89	-0,39	-0,44	0,18	0,52	0,67	0,56	-0,64	-0,54	0,45	0,38	-0,14	0,64
2	211±15	137±11	0,72	0,67	0,01	-0,14	0,32	0,05	0,21	0,71	-0,55	-0,28	-0,08	0,19	0,16	0,64
3	218±13	139±12	0,67	0,68	0,29	-0,30	0,60	-0,16	0,01	0,76	-0,73	-0,29	-0,39	0,25	0,41	0,78
4	226±9	142±14	0,47	0,49	0,57	-0,04	0,60	-0,23	-0,08	0,89	-0,43	0,00	-0,33	0,41	0,50	0,85
5	231±12	148±18	0,09	0,07	0,67	0,66	0,68	-0,22	-0,02	0,93	-0,09	0,34	-0,08	0,18	0,39	0,92
6	237±15	153±16	-0,15	-0,31	0,72	0,77	0,55	-0,45	-0,38	0,97	0,36	0,51	-0,26	0,19	0,43	0,87
7	244±17	158±19	-0,21	-0,39	0,84	0,77	0,96	-0,67	-0,53	0,93	0,43	0,73	-0,38	0,11	0,74	0,93
8	252±18	163±21	0,05	-0,12	0,95	0,69	0,88	-0,74	-0,60	0,95	0,30	0,67	-0,43	0,41	0,78	0,93
9	260±17	171±13	-0,18	-0,28	0,85	0,68	0,37	0,38	0,60	0,84	0,43	0,53	0,56	0,29	-0,03	0,80
10	274±27	183±23	0,77	0,65	0,72	0,30	0,73	0,50	0,80	0,95	-0,67	-0,29	0,26	-0,14	-0,25	0,84
Весь ряд	233±42	154±30	0,53	0,60	0,86	0,62	0,60	0,03	0,31	0,96	-0,15	0,33	0,24	0,53	0,32	0,91

Таблица 1.16

Связь объема стока воды в половодье (V_{hw} , км³) с другими гидрологическими параметрами половодья, выраженная в коэффициентах линейной корреляции

Период: 1959-2001 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1937-1953 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от начала ряда, лет	Средние значения объемов годового стока (V_y , км ³) и стока воды в половодье (V_{hw} , км ³)		F_v			F_c				F_d			F_s		
	V_y	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_1	S_a	L_m
0	196±20	761±15	0,44	0,92	0,81	0,98	0,87	0,97	0,98	-0,30	0,54	0,84	-0,94	-0,76	0,70
1	204±17	80±13	0,38	0,88	0,75	0,91	0,79	0,96	0,97	-0,46	0,39	0,76	-0,90	-0,62	0,65
2	210±16	87±17	0,80	0,81	0,79	0,95	0,87	0,98	0,97	-0,81	0,02	0,75	-0,88	-0,79	0,77
3	217±14	92±15	0,76	0,72	0,87	0,93	0,83	0,97	0,95	-0,70	0,40	0,84	-0,86	-0,89	0,53
4	225±9	99±14	0,71	0,65	0,86	0,89	0,68	0,96	0,95	-0,78	0,35	0,81	-0,83	-0,60	0,64
5	230±11	101±11	0,64	0,37	0,73	0,84	0,60	0,91	0,91	-0,59	0,32	0,68	-0,74	-0,49	0,57
6	236±14	105±12	0,63	0,57	0,71	0,84	0,46	0,89	0,58	-0,54	0,36	0,60	-0,61	-0,51	0,64
7	244±17	103±13	0,68	0,61	0,78	0,90	0,78	0,93	0,64	-0,62	0,45	0,84	-0,68	-0,56	0,69
8	252±18	110±15	0,81	0,73	0,51	0,78	0,89	0,90	0,78	-0,77	0,00	0,66	-0,57	-0,69	0,76
9	259±18	112±17	0,77	0,95	0,57	0,72	0,89	0,95	0,83	-0,76	0,01	0,74	-0,35	-0,79	0,97
10	274±28	120±21	0,85	0,57	0,70	0,19	0,89	0,97	0,90	-0,83	-0,43	0,84	0,09	-0,88	0,63
Весь ряд	234±42	98±26	0,85	0,86	0,82	0,77	0,84	0,97	0,96	-0,81	0,00	0,85	-0,66	-0,68	0,85

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В целом можно утверждать, что после строительства каскада водохранилищ, несмотря на сокращение продолжительности половодья (а также его отдельных фаз), усилилась и стала более устойчивой зависимость его временных параметров от водности лет.

В естественных условиях изменения водности лет практически не влияли на хронологические параметры половодья в дельте Волги. Только в нескольких выборках небольшого объема ($n = 7$) в годы пониженной (относительно нормы) водности была зафиксирована отрицательная связь V_{hw} с датой начала половодья одновременно с усилением положительной связи V_{hw} со стоком воды в весенние месяцы и на фоне превышения скорости подъема над скоростью спада воды. В отдельных выборках небольшого объема ($n = 7$) была также зафиксирована положительная связь V_{hw} с датой наступления максимального уровня. Условием появления этой связи было наличие положительной корреляции V_{hw} со стоком воды в июне.

После зарегулирования стока изменения сроков начала и окончания половодья приобрели устойчивую зависимость от водности лет. Только в отдельных выборках небольшого объема ($n = 7$) зафиксировано некоторое ослабление этой зависимости. Сроки начала половодья находятся в отрицательной, а сроки его окончания – в положительной связи с V_{hw} . При водности, не превышающей норму, а также при приходящихся на май сроках начала половодья наблюдается положительная связь V_{hw} с датой наступления максимального уровня, но достоверной она является только в выборках большого объема ($n = 11$). Таким образом, после зарегулирования стока возникла устойчивая положительная зависимость сроков окончания половодья от V_{hw} и одновременно усилилась и приобрела устойчивый характер отрицательная зависимость сроков начала половодья от водности лет.

Одним из гидрологических параметров, находящихся в устойчивой зависимости от водности лет, в естественных условиях был максимальный уровень воды (табл. 1.15). После зарегулирования стока связь V_{hw} и L_m в выборках различного объема и ранга также характеризуется высокими значениями коэффициента линейной корреляции. В выборках малого объема она иногда утрачивает статистически значимый характер, но в целом эту связь и после зарегулирования стока можно считать устойчивой. Скорость подъема воды в естественных условиях во всех выборках не имела

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

достоверной связи с V_{hw} , на значимый уровень эта связь выходила только в исходной выборке ($N = 17$).

Положительная связь скорости спада воды с V_{hw} проявлялась только в годы повышенной (относительно нормы) водности одновременно с усилением отрицательной связи V_{hw} с продолжительностью спада воды. Неустойчивый характер зависимости скоростей подъема и спада воды от водности лет сохранился и после зарегулирования стока. Связь скорости подъема воды с V_{hw} имеет значимый отрицательный характер в годы пониженной (относительно нормы) водности на фоне резкого снижения S_1 при повышении ранга выборки. В маловодные и многоводные годы, когда скорость спада воды также снижается при повышении ранга выборки (рис. 1.7), ее связь с V_{hw} носит достоверный отрицательный характер.

Результаты корреляционного анализа подтверждают высказанное выше мнение об изменении характера влияния естественных колебаний водности на гидрологический режим половодья в дельте Волги после зарегулирования стока. По сравнению с естественными условиями усилилась и/или приобрела устойчивый характер зависимость объемных, временных и хронологических параметров половодья от водности лет. Повышение водности после зарегулирования стока способствует снижению скорости подъема и спада воды, тогда как в естественных условиях связь между этими параметрами была положительной. Строительство каскада водохранилищ способствовало также усилению и повышению устойчивости отрицательной зависимости сроков начала половодья от водности лет.

В естественных условиях два наиболее массовых вида полупроходных рыб Волго-Каспийского бассейна, каковыми являются вобла и лещ, реагировали на изменения водности сходным образом, несмотря на определенные различия в биологии и экологии их размножения. Коэффициент линейной корреляции между урожайностью воблы и урожайностью леща был статистически значимым практически во всех производных выборках, независимо от их ранга и объема (рис. 1.9).

Рост урожайности воблы и леща с повышением водности был неравномерным. В крайне маловодные годы ($V_{hw} < 130 \text{ км}^3$) положительная реакция урожайности воблы и леща на повышение водности была слабой (рис. 1.10).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

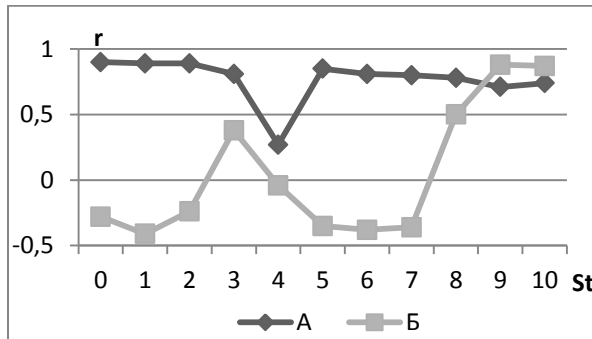


Рис. 1.9 Изменение коэффициента корреляции между NV_{0+} и NL_{0+} до (А) и после зарегулирования стока (Б) в годы различной водности

Росту урожайности рыб в эти годы благоприятствовали повышение максимального уровня воды и увеличение стока воды в мае. Связь NV_{0+} и NL_{0+} с этими параметрами была статистически значима или близка к таковой (табл. 1.17 и 1.18). В естественных условиях в крайне маловодные годы подъем воды шел медленно ($S_1 < 5$ см/сут), в связи с чем сток воды в мае, в среднем равный 45 км^3 , также был самым низким (рис. 1.7). Таковы были условия, способствующие положительному отклику урожайности воблы и леща на увеличение стока воды в мае.

С дальнейшим повышением водности (V_{hw}) примерно до 150 км^3 в естественных условиях было связано увеличение скорости подъема и уменьшение скорости спада воды и, соответственно, увеличение стока воды в мае (рис. 1.7). При этом связь V_{hw} с V_5 была положительной, с датой начала половодья – отрицательной (табл. 1.14), а отношение C_1/C_a было минимальным (рис. 1.8).

На этом фоне происходило снижение урожайности воблы в среднем от 150 до 95 экз/час и леща в среднем от 110 до 85 экз/час (рис. 1.10). По-видимому, снижение скорости спада воды в естественных условиях до $S_a < 5$ см/сут негативно отражалась на скате молоди воблы и леща в море, способствовало ее задержке на полях и в култушной зоне, а также выеданию хищниками. В этих условиях даже увеличение продолжительности стояния уровня воды на отметках, превышающих 190 см, способствовало снижению урожайности, – в некоторых выборках отрицательная связь урожайности рыб с C_s была статистически значимой или близка к таковой (табл. 1.17 и 1.18).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

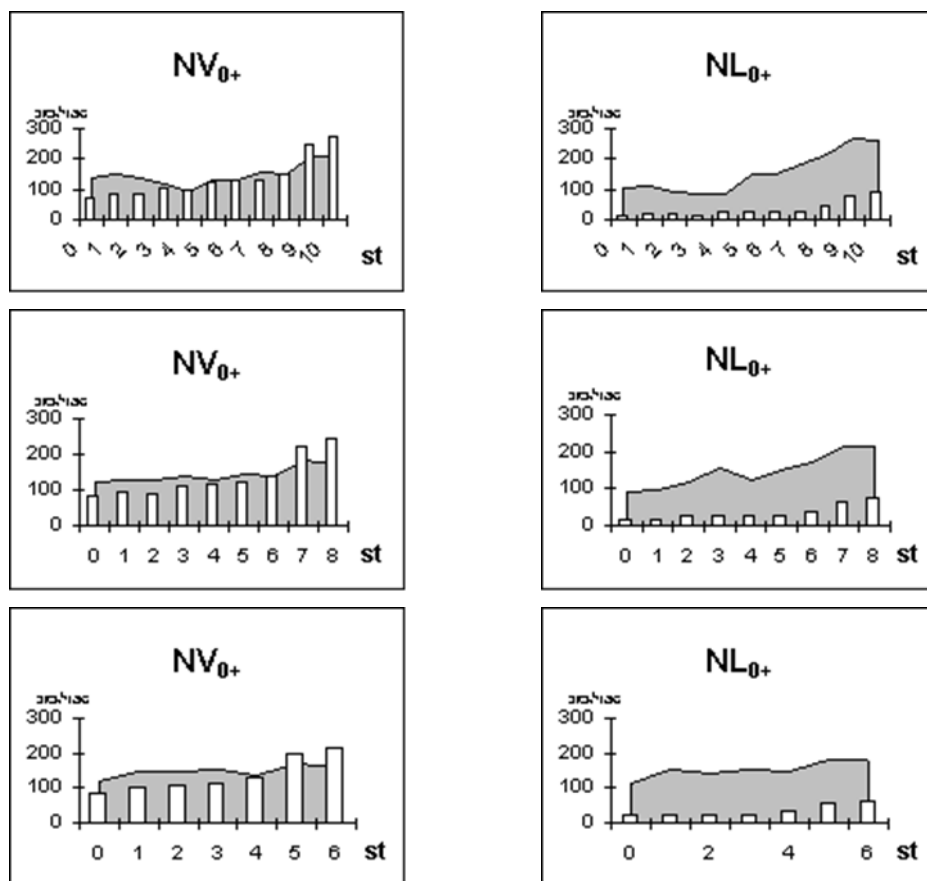


Рис. 1.10 Изменения урожайности воблы (NV_{0+}) и леща (NL_{0+}) до зарегулирования (график) и после зарегулирования (диаграмма) стока в различные по водности годы

При повышении водности (V_{hw}) в среднем от 150 до 170 км³ в естественных условиях урожайность воблы и леща увеличивалось вдвое (рис. 1.10). В указанном диапазоне стока условия для их естественного воспроизводства были наиболее благоприятными. Повышение водности в эти годы сопровождалось увеличением стока воды в июне, продолжительности стояния уровня на отметках, превышающих 190 см, и повышением максимального уровня, – положительная связь V_{hw} с названными параметрами в этом диапазоне стока была устойчивой и сильной (табл. 1.15). Следует отметить также возрастание скоростей подъема и спада воды в среднем с 5 до 6 см/сут, благодаря чему эти факторы, по-видимому, перестали лимитировать урожайность рыб.

Таблица 1.17

Связь урожайности воблы (NV_{0+} , экз/час) с гидрологическими параметрами половодья, выраженная, в коэффициентах линейной корреляции

Период: 1937-1953 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1959-2001 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от нача- ла ряда, лет	Средние значения урожайности воб- лы (NV_{0+} , экз/час) и стока воды в поло- водье (V_{hw} , км ³)		F_v					F_c				F_d			F_s		
	V_{hw}	NV_{0+}	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	V_7	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_l	S_a	L_m
0	131±14	134±76	0,52	-0,33	0,48	0,38	0,13	0,41	0,10	0,45	0,46	-0,19	0,21	0,31	0,24	0,10	0,68
1	138±9	150±63	-0,04	-0,07	0,26	-0,23	-0,17	0,17	0,15	0,24	-0,56	-0,44	-0,33	0,02	0,18	-0,15	0,40
2	137±11	135±75	0,25	-0,07	0,12	0,15	0,11	0,32	-0,25	-0,16	0,10	-0,37	-0,09	-0,43	0,01	0,17	0,43
3	139±12	115±70	0,22	0,06	0,14	-0,16	0,33	0,03	-0,01	0,00	-0,12	-0,16	-0,13	-0,08	0,13	-0,13	0,20
4	142±14	95±36	0,31	0,20	-0,14	0,12	0,49	-0,24	0,06	-0,15	0,38	0,21	0,03	-0,07	0,34	-0,07	0,16
5	148±18	129±95	0,73	-0,22	-0,35	0,48	0,99	0,34	-0,11	-0,01	0,84	0,34	0,48	0,17	0,10	0,08	0,50
6	153±16	131±96	0,87	-0,22	-0,37	0,49	0,88	0,41	-0,13	-0,03	0,87	0,40	0,47	0,12	0,12	0,10	0,65
7	158±19	157±981	0,87	-0,31	-0,51	0,64	0,91	0,88	-0,40	-0,23	0,28	0,50	0,74	-0,04	-0,26	0,44	0,67
8	163±21	151±101	0,65	-0,54	-0,62	0,56	0,91	0,88	-0,39	-0,18	0,73	0,64	0,88	0,05	-0,34	0,41	0,54
9	171±13	210±133	0,56	-0,69	-0,62	0,61	0,76	0,06	0,78	0,92	0,54	0,74	0,60	0,89	0,42	-0,53	0,59
10	183±23	206±137	-0,26	-0,71	-0,74	0,17	0,59	-0,42	0,38	0,15	-0,19	0,74	0,61	0,70	0,45	-0,36	-0,06
Весь ряд	154±30	154±113	0,27	-0,36	-0,27	0,43	0,60	0,16	0,02	0,10	0,30	0,38	0,48	0,32	0,40	0,10	0,41

Таблица 1.18

Связь урожайности леща (NL_{0+} , экз/час) с гидрологическими параметрами половодья, выраженная, в коэффициентах линейной корреляции

Период: 1937-1953 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1959-2001 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от начала ряда, лет	Средние значения урожайности леща (NL_{0+} , экз/час) и стока воды в по- ловодье (V_{hw} , км ³)		F_v					F_c				F_d			F_s		
	V_{hw}	NL_{0+}	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	V_7	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_l	S_a	L_m
0	131±14	108±94	0,45	0,02	0,78	0,19	-0,15	0,37	0,10	0,42	0,21	-0,43	-0,04	0,09	0,39	0,15	0,72
1	138±9	108±94	0,01	-0,24	0,24	0,04	-0,19	0,30	-0,13	-0,02	-0,67	-0,36	-0,11	-0,27	0,00	0,15	0,39
2	137±11	90±96	0,17	0,39	-0,20	0,16	0,14	0,37	-0,22	-0,09	-0,19	-0,36	-0,02	-0,34	-0,19	-0,09	0,18
3	139±12	83±92	0,27	-0,10	0,25	0,07	0,10	0,24	-0,15	-0,09	-0,04	-0,28	-0,10	-0,26	0,10	0,09	0,36
4	142±14	83±93	0,64	-0,19	-0,06	0,78	0,34	0,24	-0,32	-0,28	0,69	0,23	0,36	-0,24	0,45	0,41	0,65
5	148±18	151±172	0,82	-0,39	-0,36	0,75	0,89	0,48	-0,24	-0,11	0,89	0,37	0,59	0,07	0,13	0,28	0,70
6	153±16	148±174	0,77	-0,58	-0,73	0,71	0,94	0,40	-0,80	-0,15	0,82	0,77	0,69	0,14	0,09	0,15	0,54
7	158±19	181±172	0,73	-0,67	-0,88	0,76	0,97	0,77	-0,45	-0,31	0,82	0,85	0,92	0,02	-0,41	0,40	0,51
8	163±21	212±161	0,71	-0,64	-0,75	0,71	0,96	0,73	-0,32	-0,14	0,79	0,82	0,91	0,15	-0,15	0,28	0,51
9	171±13	266±152	0,66	0,82	-0,87	0,70	0,94	0,28	0,60	0,82	0,79	0,89	0,84	0,29	0,10	-0,51	0,38
10	183±23	252±161	-0,22	-0,78	-0,86	0,26	0,78	-0,28	0,21	0,06	-0,06	0,85	0,85	0,69	0,15	-0,32	-0,25
Весь ряд	154±30	160±147	0,41	-0,34	-0,21	0,57	0,72	0,26	-0,09	0,02	0,44	0,39	0,57	0,24	0,39	0,22	0,51

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В этих условиях повышению урожайности воблы способствовало увеличение стока воды в июле. Урожайность воблы находилась также в статистически значимой положительной связи с продолжительностью подъема воды и стояния уровня на отметках, превышающих 190 см, с датой максимального уровня и стоком половодья, но эта связь была менее устойчивой и сильной (табл. 1.17).

Повышению урожайности леща в указанном диапазоне стока благоприятствовали увеличение стока воды в июле и продолжительности стояния уровня на отметках, превышающих 190 см. Столь же устойчивой (в данном диапазоне стока), но менее сильной была связь $N_{L_{0+}}$ с V_{hw} и V_6 (табл. 1.18). Положительная связь $N_{L_{0+}}$ с датами начала половодья и наступления максимального уровня, а также с продолжительностью подъема воды была неустойчивой. Аналогичный характер с точки зрения устойчивости носила связь $N_{L_{0+}}$ со стоком воды в апреле и мае, а также продолжительностью спада воды, но при этом она была отрицательной.

Результаты корреляционного анализа указывает, что в естественных условиях при водности, близкой к норме и несколько превышающей ее, что исключало лимитирующее влияние на воспроизводство воблы и леща низких скоростей подъема и спада воды, повышению их урожайности способствовали позднее половодье в сочетании с увеличением продолжительности стояния уровня на высоких отметках. По-видимому, данные условия одновременно способствовали успешному развитию личинок на полях (в связи с повышением температуры воды и, как следствие, улучшению трофических условий), активному и пассивному (благодаря относительно высокой скорости спада воды) скату молоди, а также выживанию сеголеток в море (в связи улучшением условий нагула). Не исключено, что повышению урожайности воблы способствовало также освоение ей наиболее продуктивных нерестилищ, расположенных в пойме и верхней части дельты, которому благоприятствовало позднее половодье (Танасийчук, 1957; Коблицкая, 1977). В этих благоприятных условиях отклик урожайности на повышение водности был исключительно высоким, – урожайность воблы и леща возрастала вдвое.

Дальнейшее повышение водности ($V_{hw} > 170 \text{ км}^3$) в естественных условиях было связано с усилением связи V_{hw} с V_4 и V_5 и ее ослаблением с V_6 и V_7 (табл. 1.15) Одновременно происходило повышение ($> 6 \text{ см/сут}$)

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

скоростей подъема и спада воды (рис. 1.7) при равномерном распределении стока между фазами половодья (рис. 1.8). Значимыми становилась связь V_{hw} с продолжительностью половодья (она была положительной) и с датой начала половодья (она была отрицательной). В этих условиях урожайность воблы и леща несколько снижалась (рис. 1.10), что, по-видимому, было связано с усилением проточности полоев, повышением расходов воды не только в водотоках, но и во временных водоемах дельты (сток воды в мае возрастал в среднем до 55 км^3 , а в июне до 75 км^3). Повышение стока воды в апреле и мае оказывало негативное воздействие на урожайность воблы и леща, связь NV_{0+} и NL_{0+} с V_4 и V_5 была отрицательной (табл. 1.17 и 1.18). В этих условиях повышению урожайности благоприятствовали увеличение продолжительности половодья и сдвиг дат его начала, максимума и окончания на более поздние сроки, то есть факторы, способствующие уменьшению проточности полоев.

Таким образом, в гидрологическом режиме половодья в естественных условиях можно выделить четыре состояния, отличающиеся между собой по гидрологическим условиям и их влиянию на урожайность воблы и леща. Гидрологические факторы половодья при этом можно разделить на две группы. Первые непосредственно не были связаны с урожайностью рыб, но существенным образом определяли ее реакцию на изменения гидрологических условий. Это, прежде всего, скорость подъема и спада воды. Вторые имели более или менее устойчивую и сильную (а также положительную или отрицательную) связь с показателями урожайности, свидетельствующую об их влиянии на воспроизводство рыб. Сводная характеристика различных состояний гидрологического режима дана в таблице 1.19.

Обобщая полученные результаты, можно говорить о вполне определенном влиянии гидрологических параметров половодья на урожайность воблы и леща в естественных условиях. При водности ниже нормы урожайность рыб зависела от распределения стока между фазами половодья. При низкой скорости подъема воды повышению урожайности способствовал рост максимального уровня. При низкой скорости спада воды увеличение продолжительности стояния уровня на высоких отметках негативно отражалось на урожайности рыб. Наиболее благоприятные условия для воспроизводства воблы и леща складывались при увеличении стока поло-

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

водья в среднем от 150 до 170 км³. При этом их урожайность возрастала вдвое, особенно благоприятные условиями для роста складывались при сдвиге половодья на более поздние, чем обычно, сроки. Повышение расходов воды при дальнейшем увеличении объема половодья неблагоприятно отражалось на урожайности рыб, но сокращение стока воды в весенние месяцы и увеличение продолжительности половодья в целом препятствовали снижению урожайности.

Таблица 1.19

Характеристика состояний гидрологического режима половодья в дельте Волги до зарегулирования стока и их влияния на урожайность воблы и леща

Состояние гидрологического режима	Водность (сток половодья, V_{hw} , км ³)	Скорости подъема (S_I) и спада (S_a) воды, см/сут	Реакция урожайности рыб на повышение водности	Гидрологические факторы, влияющие на урожайность рыб
Первое (I)	$V_{hw} < 130$	$S_I < 5$	положительная	L_m^+, V_5^+
Второе (II)	$130 < V_{hw} < 150$	$S_a < 5$	отрицательная	C_s^-
Третье (III)	$150 < V_{hw} < 170$	$5 < S_I < 6$ $5 < S_a < 6$	положительная	V_7^+, C_s^+, D_m^+
Четвертое (IV)	$V_{hw} > 170$	$S_I > 6$ $S_a > 6$	отрицательная	$V_4^-, V_5^-, C_{hw}^+, D_b^+, D_{fi}^+$

Примечание: 1) знак «плюс», стоящий у краткого обозначения фактора указывает на его положительную, а знак «минус» – на его отрицательную связь с урожайностью рыб; 2) в таблице указаны факторы, оказывающие одинаковое по своему характеру влияние на урожайность воблы и леща

Эта общая картина нуждается в трех дополнениях. Во-первых, следует отметить, что основой для нее послужили данные статистического анализа производных выборок минимального объема ($n = 7$). Отдельные корреляции, особенно свойственные годам с пониженной (относительно нормы) водностью, утрачивали статистически значимый характер при анализе выборок большего объема ($n = 9, 11$). Однако, большинство связей носило устойчивый характер, что подтверждает сделанные выше выводы.

Второе дополнение касается определенных различий между воблой и лещом в реакции их урожайности на изменения гидрологического режима в естественных условиях, хотя, как указывалось выше, в этой реакции больше сходства, чем различий. В основном различия касаются связей

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

урожайности этих рыб со стоком воды в мае и июне, а также датой начала половодья. Прежде всего следует указать на более сильную и устойчивую связь с этими параметрами урожайности леща по сравнению с урожайностью воблы. Связь NL_{0+} с V_5 , V_6 и D_6 была статистически значимой при III и IV состояниях гидрологического режима (табл. 1.18). Связь NV_{0+} с V_5 и D_6 приобретала значимость только при IV состоянии гидрологического режима, а связь урожайности воблы со стоком воды в июне вообще не была статистически достоверной (табл. 1.17).

Одной из наиболее интересных особенностей в естественных условиях была связь урожайности рыб со стоком воды в мае, знак которой в маловодные годы был положительным, а в многоводные – отрицательным. Диапазон стока, в пределах которого урожайность рыб не реагировала на изменение водности этого месяца, у воблы был шире, чем у леща. Урожайность леща снижалась при стоке воды в мае $V_5 < 45 \text{ км}^3$ и $V_5 > 50 \text{ км}^3$. Урожайность воблы слабо реагировала на уменьшение стока воды в мае ($V_5 < 45 \text{ км}^3$), а ее достоверное снижение при увеличении стока наблюдалось только при $V_5 > 55 \text{ км}^3$. Урожайность леща также была более чувствительна к изменениям стока воды в июне и даты начала половодья. Это говорит о большей значимости стока воды в июне для воспроизводства леща, чем для воспроизводства воблы, что вполне понятно, так как лещ нерестится примерно на две недели позже, чем вобла (Танасийчук, 1957; Каспийское море, 1989; Земская, Кузьмин, 1972; Казанчев, 1972; 1981).

Вообще, из сказанного выше следует, что лещ в естественных условиях был более требователен к гидрологическим условиям половодья, чем вобла, что отмечалось и другими авторами (Сидорова, 1971; 1981). Возможно, что причиной этого является не только различие в сроках нереста, но и более узкий, по сравнению с воблой, нерестовый ареал леща, который в основном приурочен к нижней части дельты, тогда как вобла нерестится и в других ее частях, а также в Волго-Ахтубинской пойме (Ихтиофауна и промысловые ресурсы, 1989).

Таким образом, различие между воблой и лещом в биологии и экологии размножения проявлялось в различной реакции их урожайности на изменения водности в естественных условиях, в частности, в более тесной и устойчивой зависимости урожайности леща от стока воды в июне. Кроме того, судя по отношению урожайности воблы к урожайности леща, кото-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

рое постепенно снижалось с повышением водности (рис. 1.11), маловодные годы в естественных условиях были относительно благоприятными для воспроизводства воibly, а многоводные – для воспроизводства леща.

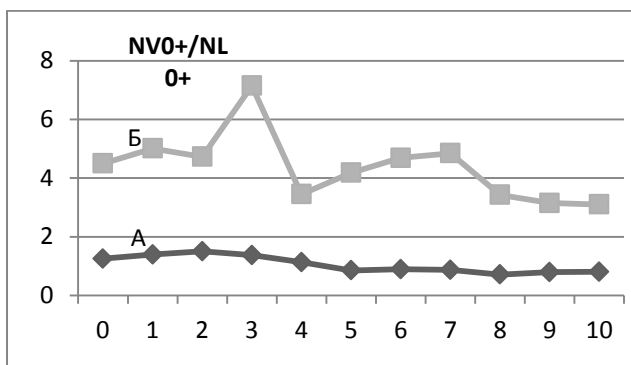


Рис. 1.11 Отношение урожайности воibly к урожайности леща в годы различной водности (А – до зарегулирования; Б – после зарегулирования стока)

Третье дополнение следует из результатов сравнительного анализа данных приведенных в табл. 1.15 и 1.19. Эти результаты указывают, что в первом и втором состояниях гидрологического режима число гидрологических факторов, влияющих на урожайность рыб, было меньше числа факторов, зависящих от водности (V_{hw}). То же самое можно сказать о третьем и четвертом состояниях гидрологического режима, когда в число факторов, от которых зависела урожайность рыб, не попал максимальный уровень воды (L_m), тесно связанный с V_{hw} . При этом в это число вошли факторы, не зависящие от водности (сток в мае и дата окончания половодья). Вообще можно говорить о том, что гидрологические параметры половодья, имевшие в естественных условиях наиболее сильную и устойчивую связь с водностью, а именно V_6 , C_s , L_m , влияли на урожайность лишь при отдельных состояниях гидрологического режима или только на урожайность одного вида рыб (например, зависимость урожайности леща от стока воды в июне, не свойственная урожайности воibly).

Следовательно, влияние естественных колебаний водности на урожайность воibly и леща в естественных условиях носило ограниченный характер, проявляясь при отдельных состояниях гидрологического режима. Хотя переход этого режима из одного состояния в другое был обусловлен изменениями водности, урожайность рыб зависела не только и не

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

столько от объема половодья, сколько от его распределения во времени. Характер последнего, по-видимому, определялся другими факторами, в частности, изменениями температурного режима в бассейне и дельте р. Волги.

После зарегулирования стока достоверная положительная связь между урожайностью воблы и урожайностью леща сохранилась только в многоводные годы (рис. 1.10). Значение коэффициента корреляции между NV_{0+} и NL_{0+} в производных выборках более низкого ранга стало отрицательным. Это означает, что гидрологические условия половодья, сложившиеся после зарегулирования стока в годы низкой и средней водности, не могут одновременно удовлетворить различные потребности двух видов, как это было в естественных условиях, а только какого-либо одного из них. Теперь только в многоводные годы гидрологические условия благоприятствуют воспроизводству одновременно воблы и леща.

В то же время на увеличение водности половодья вобла и лещ реагируют одинаковым образом, повышая свою урожайность. При этом повышение урожайности рыб с увеличением стока половодья происходит не равномерно, а скачкообразно (рис. 1.11). В маловодные годы со стоком половодья $V_{hw} < 100 \text{ км}^3$ урожайность леща в среднем составляет 15-20 экз/час трал, а воблы – 75-100 экз/час трал. В годы средней водности при $V_{hw} \approx 100-110 \text{ км}^3$ урожайность воблы возрастает в среднем до 120-130 экз/час трал, а леща – до 25-30 экз/час трал. В многоводные годы ($V_{hw} > 110 \text{ км}^3$) происходит резкое возрастание урожайности воблы в среднем со 150 до 270 экз/час трал, а леща – в среднем с 45 до 90 экз/час трал (табл. 1.17 и 1.18).

После зарегулирования стока, последствием которого стала отрицательная зависимость сроков начала половодья от его водности (см. выше), дата начала половодья в маловодные годы обычно приходится на май, при этом в крайне маловодные годы ($V_{hw} < 75 \text{ км}^3$) оно обычно наступает во второй и даже третьей пятидневке, а по мере приближения водности к норме сдвигается к началу мая (рис. 1.7). Для маловодных лет характерны также высокие скорости подъема и спада воды, которые, несмотря на их снижение при увеличении V_{hw} от 75 до 100 км^3 , все равно превышают значения S_1 и S_a в естественных условиях (рис. 1.7). Благодаря высоким скоростям подъема и спада воды продолжительность половодья и стояния

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

уровня на отметках, превышающих 190 см, находится в тесной связи с V_{hw} ($r = 0,95-0,98$; $n = 7$). В крайне маловодные годы скорость подъема превышает скорость спада воды, но при увеличении V_{hw} отношение S_l/S_a уменьшается (рис. 1.8). Вследствие этого связь V_{hw} со стоком воды в мае, наиболее сильная в крайне маловодные годы, ослабляется при увеличении водности. Однако, сток воды в мае только в крайне маловодные годы не достигает значений, присущих ему в естественных условиях. При $V_{hw} > 90 \text{ км}^3$ водность мая после зарегулирования стока выше таковой в естественных условиях (рис. 1.11).

В маловодные годы после зарегулирования стока урожайность воблы находится в сильной и устойчивой отрицательной связи с датой начала половодья, а также в слабой и неустойчивой положительной связи со стоком воды в апреле и мае (табл. 1.20). После зарегулирования стока, когда дата начала половодья стала широко варьировать, особенно явной стала чувствительность урожайности воблы к этому параметру. При позднем наступлении половодья, что характерно для маловодных лет, сдвиг его начала на более ранние сроки позитивно влияет на урожайность воблы, о чем говорит отрицательная связь NV_{0+} и D_b . В естественных условиях лишь при $V_5 \approx 45 \text{ км}^3$ урожайность воблы становилась чувствительной к дальнейшему понижению водности (см. выше). После зарегулирования стока этот порог не претерпел изменений, о чем свидетельствует слабая положительная связь NV_{0+} и стока воды в мае при $V_5 < 45 \text{ км}^3$.

После зарегулирования стока в маловодные годы урожайность леща оказалась почти на порядок ниже, чем в аналогичные годы до зарегулирования стока (рис. 1.11). В этих крайне неблагоприятных для леща условиях увеличение водности и связанные с ним изменения других гидрологических параметров практически не влияли на его урожайность (табл. 1.21). Прослеживалась только слабая, но близкая к значимой, положительная связь NL_{0+} с датой начала половодья. Эта связь указывает, что при неблагоприятных в целом для воспроизводства леща условиях, сдвиг начала половодья на более поздние сроки, обусловленный зарегулированием стока, позитивно влияет на его урожайность. В этом реакция леща на зарегулирование стока по своему характеру прямо противоположна реакции воблы. Очевидно, что причиной этого является различие между воблой и лещом в сроках нереста.

Таблица 1.20

Связь урожайности воблы (NV_{0+} , экз/час) с гидрологическими параметрами половодья, выраженная в коэффициентах линейной корреляции

Период: 1960-2001 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1937-1953 гг.

Ранжируемый параметр: объем годового стока воды, V_y , км³

Длина ряда: 17 лет

Ширина окна: 7 лет

Сдвиг окна от начала ряда, лет	Средние значения урожайности воб- лы (NV_{0+} , экз/час) и стока воды в половодье (V_{hw} , км ³)		F_v				F_c				F_d			F_s		
	V_{hw}	NV_{0+}	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	C_1	C_a	C_{hw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_l	S_a	L_m
0	76±15	72±47	0,31	0,35	0,54	-0,13	0,40	0,16	0,26	0,21	-0,79	-0,44	-0,11	-0,48	-0,10	0,28
1	80±13	85±48	0,23	0,78	0,53	0,30	0,42	-0,03	0,17	0,17	-0,89	-0,60	-0,32	-0,48	0,13	0,21
2	87±17	88±50	0,54	0,58	0,67	0,07	0,66	0,23	0,46	0,46	-0,89	-0,57	-0,03	-0,66	-0,05	0,60
3	92±15	103±39	0,31	0,47	0,35	0,01	0,48	0,02	0,23	0,18	-0,74	-0,31	-0,10	-0,36	0,06	0,26
4	99±14	96±38	0,45	0,53	0,59	0,05	0,47	0,18	0,39	0,37	-0,75	-0,19	0,05	-0,75	-0,19	0,14
5	101±11	121±37	-0,17	0,56	-0,14	-0,78	-0,18	-0,47	-0,45	-0,43	-0,61	-0,72	-0,80	0,36	0,56	0,21
6	105±12	128±40	0,01	0,57	0,19	-0,67	-0,06	-0,50	-0,43	-0,56	-0,58	-0,56	-0,76	0,39	0,62	0,41
7	103±13	129±39	0,15	0,53	0,05	-0,48	-0,01	-0,08	-0,05	-0,41	-0,54	-0,42	-0,34	-0,06	0,30	0,24
8	110±15	152±67	0,63	0,86	0,62	-0,34	0,13	0,41	0,31	0,38	-0,80	-0,60	-0,16	0,05	-0,13	0,73
9	112±17	247±236	0,67	0,46	0,76	0,28	0,18	0,86	0,67	0,56	-0,50	-0,25	0,54	0,18	-0,70	0,78
10	120±21	276±231	0,54	0,35	0,72	0,24	0,09	0,48	0,52	0,41	-0,41	-0,21	0,46	0,17	-0,51	0,74
Весь ряд	98±26	165±178	0,63	0,54	0,64	0,39	0,40	0,55	0,59	0,57	-0,56	-0,14	0,47	-0,25	-0,37	0,74

Таблица 1.21

Связь урожайности леща (NL_{0+} , экз/час) с гидрологическими параметрами половодья, выраженная, в коэффициентах линейной корреляции

Период: 1960-2001 гг. Выборка: годы – аналоги по объему годового стока воды (V_y , км³) с периодом 1937-1953 гг.

Ранжируемый параметр: объём годового стока воды, V_y , км³ Длина ряда: 17лет Ширина окна: 7лет

Сдвиг окна от начала ряда, лет	Среднее значения урожайности леща (NL_{0+} , экз/час) и стока водыв половодье (V_{hw} , км ³)		F_v				F_c				F_d			F_s		
	V_{hw}	NL_{0+}	V_{hw}	V_4	V_5	V_6	C_1	C_a	C_{vw}	C_s	D_b	D_m	D_{fi}	S_1	S_a	L_m
0	76±15	16±11	-0,08	-0,36	0,20	0,10	-0,08	-0,14	-0,12	-0,09	0,66	0,58	0,19	0,12	-0,15	-0,20
1	80±13	17±10	-0,29	-0,45	-0,43	-0,00	-0,26	-0,26	-0,30	-0,28	0,66	0,49	0,05	0,44	-0,03	-0,35
2	87±17	19±11	-0,07	0,13	-0,35	0,06	-0,05	-0,09	-0,08	-0,11	0,26	0,44	0,10	0,32	-0,16	-0,23
3	92±15	14±7	0,53	0,64	0,44	0,20	0,60	0,27	0,45	0,45	0,64	0,02	0,23	-0,54	-0,40	0,27
4	99±14	28±31	0,57	0,09	0,56	0,62	0,78	0,03	0,47	0,73	-0,18	0,86	0,52	-0,52	-0,01	0,72
5	101±11	29±30	0,57	-0,00	0,62	0,55	0,89	-0,01	0,45	0,77	-0,02	0,81	0,47	-0,67	0,01	0,62
6	105±12	27±31	0,45	-0,03	0,32	0,52	0,76	0,02	0,44	0,79	-0,01	0,74	0,46	-0,69	-0,06	0,34
7	103±13	27±31	0,51	-0,04	0,29	0,62	0,75	0,33	0,60	0,82	0,00	0,77	0,76	-0,63	-0,36	0,29
8	110±15	44±50	0,77	0,61	0,69	0,38	0,59	0,60	0,66	0,91	-0,52	0,05	0,51	-0,32	-0,48	0,70
9	112±17	78±90	0,83	0,55	0,83	0,55	0,48	0,98	0,89	0,87	-0,57	-0,05	0,77	-0,10	-0,98	0,89
10	120±21	89±85	0,61	0,34	0,81	0,42	0,41	0,45	0,62	0,54	-0,40	0,01	0,61	-0,13	-0,60	0,80
Весь ряд	98±26	46±66	0,63	0,52	0,58	0,49	0,47	0,52	0,59	0,61	-0,44	0,05	0,55	-0,21	-0,42	0,74

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Таким образом, подтвердилось высказанное выше мнение о том, что гидрологические условия, сложившиеся после зарегулирования стока, не удовлетворяют потребности одновременно двух видов рыб. На фоне сдвига половодья в маловодные годы на более поздние сроки при его раннем наступлении урожайность воблы повышается, а леща снижается.

Годы средней водности после зарегулирования стока отличаются от многоводных и маловодных лет наиболее низкой скоростью подъема воды. При этом скорость спада воды, несмотря на ее снижение остается относительно высокой (рис. 1.7). В связи с этим отношение S_1/S_a в эти годы достигает минимальных значений (рис. 1.8). Дата начала половодья сдвигается в среднем на первый день мая или последний день апреля, а дата наступления максимального уровня на первые дни июня, сток воды в мае превышает значения, наблюдавшиеся в естественных условиях, а продолжительность половодья достигает своих максимальных значений (рис. 1.7). При таком распределении стока во времени ослабляется связь V_{hw} со стоком воды в мае, датой начала половодья, продолжительностью и скоростью спада воды (табл. 1.16).

После зарегулирования стока в годы средней водности повышению урожайности воблы способствует ускоренное освобождение полоев от воды, по-видимому, благоприятствующее скату молоди в море. Об этом свидетельствуют отрицательные связи урожайности воблы с датами окончания половодья и наступления максимального уровня, стоком воды в июне, а также положительная (но статически не достоверная) связь NV_{0+} со скоростью спада воды (табл. 1.20). Повышению урожайности леща, напротив, способствует продолжительное стояние воды на полях, что, очевидно, связано с более поздним, чем у воблы, сроком нереста. В годы средней водности урожайность леща имеет положительную связь с продолжительностью подъема воды, стояния уровня на отметках, превышающих 190 см, а также с датой максимального уровня (табл. 1.21). Таким образом, и в годы средней водности после зарегулирования стока гидрологические условия половодья не удовлетворяют одновременно потребностям воблы и леща. В эти годы повышению урожайности воблы способствует ускоренное освобождение полоев от воды, при котором урожайность леща снижается.

В многоводные годы после зарегулирования стока половодье начинается даже раньше, чем это было в естественных условиях (рис. 1.7). С повышением стока скорость подъема воды возрастает, а скорость спада воды снижается, благодаря чему отношение S_1/S_a в крайне многоводные

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

годы приближается к единице (рис. 1.8). О перераспределении стока во времени свидетельствует также усиление положительной связи V_{hw} со стоком воды в апреле, и отрицательной связи V_{hw} с датой начала половодья (табл. 1.16). Следует также указать на дальнейшее увеличение в многоводные годы стока воды в мае (в среднем до 60 км^3), совпадающее с повышением максимального уровня воды примерно с 250 см до 300 см. В современных условиях данное повышение уровня воды сопровождается резким увеличением площади затопляемой территории, особенно, в нижней и средней частях дельты (Устьевая область, 1998).

Последнее обстоятельство после зарегулирования стока стало, по-видимому, решающим для определения перечня гидрологических факторов, влияющих на урожайность воблы и леща в многоводные годы. У воблы этот перечень уже, чем у леща. В многоводные годы на ее урожайность возрастает с повышением максимального уровня воды и увеличением стока воды в мае. Позитивное влияние эти условия оказывают и на урожайность леща. Следует отметить, что после зарегулирования стока урожайность воблы и леща в многоводные годы вдвое превышает значения, присущие ей в годы средней водности (рис. 1.11). В отдельных производных выборках из многоводных лет зарегистрирована положительная связь урожайности воблы и леща с объемом и продолжительностью половодья и другими гидрологическими параметрами (табл. 1.20 и 1.21). В целом реакция урожайности воблы и леща на изменения гидрологических условий в многоводные годы носит сходный характер, отличаясь только сильной положительной зависимостью урожайности леща от продолжительности стояния уровня на высоких отметках, не свойственной урожайности воблы. Таким образом, в многоводные годы гидрологические условия в большей степени соответствуют потребностям того и другого вида, чем в годы средней и малой водности, о чем свидетельствует достоверная положительная корреляция между NV_{0+} и NL_{0+} (рис. 1.10).

Выше указывалось, что в естественных условиях увеличение стока воды в мае $V_5 > 45 \text{ км}^3$ негативно отражалось на урожайности леща, а при дальнейшем повышении $V_5 > 50 \text{ км}^3$ снижалась также урожайность воблы. После зарегулирования стока, включающего в себя «срезку» пика и формирование более низкой «полки» максимальных расходов воды (Астахова, Катунин, 1971; Павлов и др., 1989), положительная связь урожайности воблы и леща со стоком воды в мае сохраняется и при его наибольшем

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

значении ($V_5 \approx 60 \text{ км}^3$). Возможно, что кроме «срезки» пика расходов этому способствует отмеченное выше увеличение площади затапливаемой полыми водами территории при современных максимальных значениях уровня воды. Очевидно, что зарегулирование стока, так или иначе, способствовало снижению проточности полоев в многоводные годы.

Таким образом, в гидрологическом режиме половодья после зарегулирования стока можно выделить три состояния, отличающиеся между собой по гидрологическим условиям и их влиянию на урожайность воблы и леща.

В связи с различной реакцией урожайности воблы и леща на изменения гидрологических условий половодья все гидрологические параметры были разбиты на две группы: факторы, влияющие на урожайность воблы, и факторы, влияющие на урожайность леща. В естественных условиях реакция урожайности рыб на повышение водности в зависимости от состояния гидрологического режима была то положительной, то отрицательной, тогда как после зарегулирования стока она при всех состояниях была положительной. В связи с этим в сводной характеристике различных состояний гидрологического режима (табл. 1.22), раздел, посвященный оценке этой реакции, не рассматривается.

Результаты анализа указывают на вполне определенное влияние гидрологических параметров половодья на урожайность воблы и леща после зарегулирования стока. При этом важным фактором, определяющим реакцию урожайности на изменение гидрологических условий, является дата начала половодья. В маловодные годы, когда половодье начинается позже обычного, повышению урожайности воблы способствует сдвиг его начала на более ранние сроки и, соответственно, увеличение водности апреля и мая. Урожайность леща, крайне низкая в эти годы, напротив, положительно откликается на сдвиг начала половодья на более поздние сроки, но эта реакция слабо выражена. В годы средней водности, когда половодье начинается в среднем в последний день апреля или первый день мая, повышению урожайности воблы способствует уменьшение его продолжительности, а урожайность леща, наоборот, в этих условиях снижается. В многоводные годы, когда половодье начинается раньше обычного, урожайность воблы и леща повышается вдвое по сравнению с годами средней водности. При этом рост урожайности того и другого вида рыб способствует повышение максимального уровня воды (или увеличение площади

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

территории, заливаемой полыми водами), а на урожайность леща также благотворно влияет увеличение продолжительности половодья.

Таблица 1.22

Характеристика состояний гидрологического режима половодья в дельте Волги после зарегулирования стока и их влияния на урожайность воблы и леща

Состояние гидрологического режима	Водность (сток половодья, V_{hw} , км ³)	Средняя дата начала половодья, D_b	Гидрологические факторы, влияющие на урожайность рыб	
			Вобла	Лещ
Первое (I)	$V_{hw} < 100$	06-08.05	V_4^+, V_5^+, D_b^-	–
Второе (II)	$100 < V_{hw} < 110$	29.04-01.05	V_6^-, D_m^-, D_{fi}^-	$C_1^+, C_s^+, D_m^+, S_1^-$
Третье (III)	$V_{hw} > 110$	24-26.04	V_5^+, L_m^+	$V_{hw}^+, V_5^+, C_s^+, L_m^+$

Примечание: 1) знак «плюс», стоящий у краткого обозначения фактора указывает на его положительную, а знак «минус» – на его отрицательную связь с урожайностью рыб; 2) для третьего состояния указаны только факторы, влияние которых на урожайность воблы и леща носит устойчивый характер

Эту общую картину также следует дополнить. Основой для нее, так же как и для исследования естественных условий, послужили данные статистического анализа производных выборок минимального объема ($n = 7$). Однако, большинство выявленных связей сохраняет статистически значимый характер при анализе выборок большего объема ($n = 9, 11$), что подтверждает сделанные выше выводы.

Интересно, что после зарегулирования стока различная реакция урожайности воблы и леща на изменения гидрологических условий половодья так же, как и в естественных условиях, в основном касается связей NV_{0+} и NL_{0+} с водностью мая и июня, а также с датой начала половодья. В маловодные годы урожайность леща находится в положительной связи с датой начала половодья и в отрицательной связи со стоком воды в мае (рис. 1.12). Урожайность воблы, наоборот, положительно реагирует на увеличение майского стока и отрицательно на запаздывание половодья. В годы средней водности усиливается связь урожайности рыб со стоком воды в июне, при этом у леща она носит положительный, а воблы – отрицательный характер. Только в многоводные годы, реакция урожайности воблы и леща на изменения V_5, V_6 и D_b носит сходный характер, отличие со-

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

стоит лишь в том, что урожайность леща находится в более сильной связи со стоком воды в июне, чем урожайность воблы.

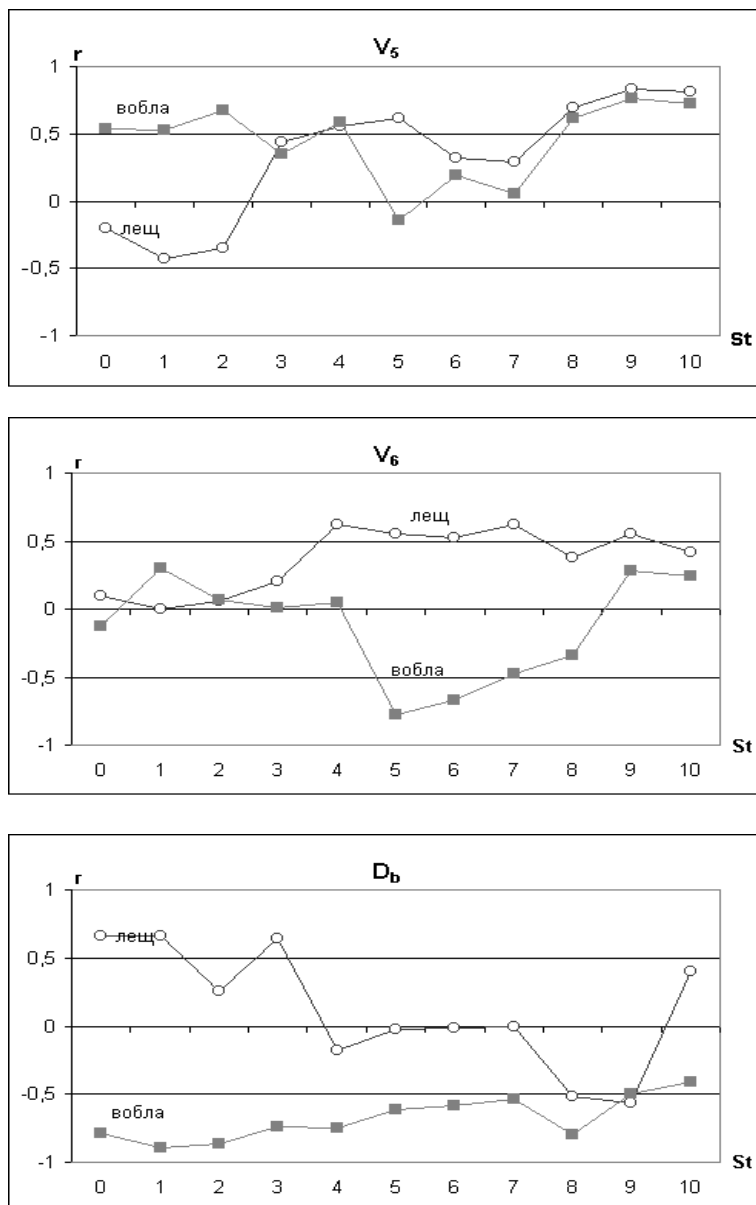


Рис. 1.12 Изменения коэффициента корреляции урожайности воблы и леща со стоком воды в мае (V_5), июне (V_6) и датой начала половодья (D_b) в годы различной водности после зарегулирования стока

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Изменения стока воды в мае и июне, а также даты начала поводья в естественных условиях оказывали существенное влияние на урожайность воблы и леща. После зарегулирования стока роль этих факторов в регуляции воспроизводства этих видов рыб вообще стала ключевой. Исходя из этого, можно предположить, что изменения в урожайности воблы и леща, обусловленные зарегулированием стока, непосредственно связаны именно с изменениями этих ключевых параметров (V_5, V_6, D_b), произошедшими после строительства Волжско-Камского каскада ГЭС.

С целью проверки этого предположения была вычислена разность между значениями урожайности рыб (ΔNV_{0+} и ΔNL_{0+}), майского и июньского стока (ΔV_5 и ΔV_6), даты начала половодья (ΔD_b) в естественных и условиях и после зарегулирования стока во всех производных выборках одинакового ранга. Для этого из средних значений гидрологических параметров и показателей урожайности рыб после зарегулирования стока вычиталось их среднее значение в естественных условиях.

Полученные результаты (рис. 1.13) полностью подтверждают высказанное выше предположение. Разность между значениями урожайности воблы в естественных условиях и после зарегулирования стока в основном определяется разностью в водности мая, так как кривая ΔNV_{0+} на графике следует параллельно кривой ΔV_5 . Только в годы средней водности, когда значение V_5 после зарегулирования стока уже больше его значения в естественных условиях, разность ΔNV_{0+} еще близка к нулю. По-видимому, это связано с тем, что в эти годы половодье после зарегулирования стока наступает позже, чем это было в естественных условиях. Только в многоводные годы, когда половодье начинается раньше, чем это было до зарегулирования, увеличению стока воды в мае соответствует положительное значение ΔNV_{0+} .

Таким образом, повышение водности мая, наблюдающееся после строительства Волжско-Камского каскада ГЭС в средне- и многоводные годы, можно рассматривать как фактор, положительно влияющий на урожайность воблы. Однако, его позитивное влияние в полной мере проявляется только тогда, когда половодье после зарегулирования стока наступает не позже, чем это было в естественных условиях.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

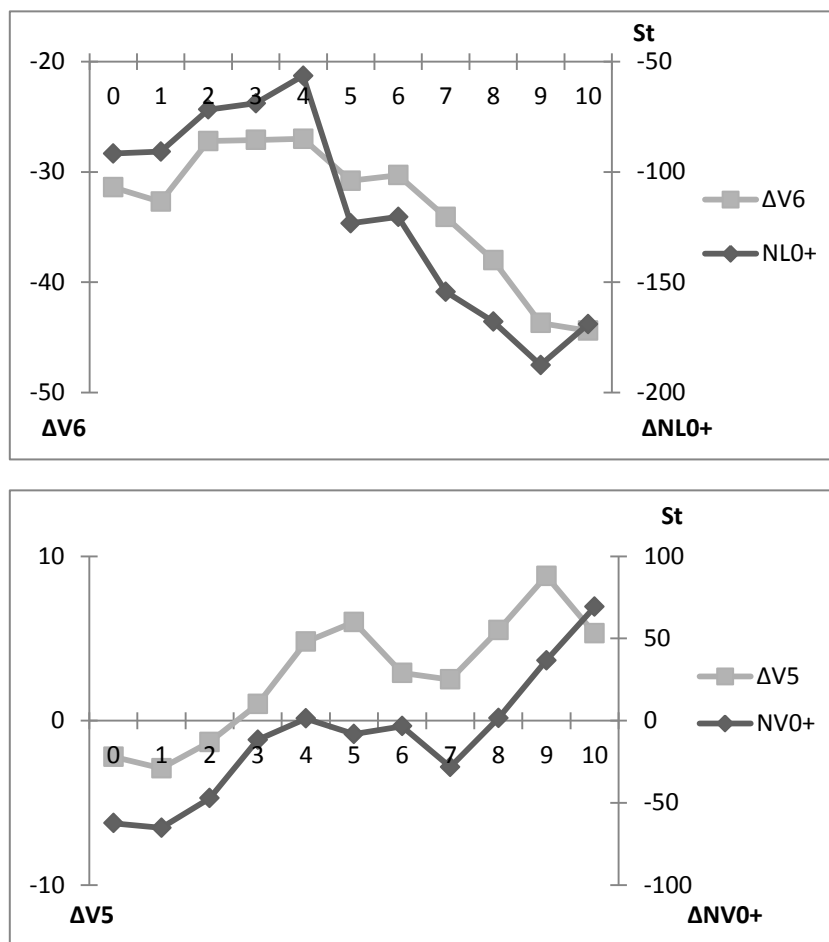


Рис. 1.13 Разность в водности мая (ΔV_5), водности июня (ΔV_6), урожайности воблы (ΔNV_{0+}) и леща (ΔNL_{0+}) между периодами до и после зарегулирования стока в годы различной водности

В качестве фактора, положительно влияющего на урожайность воблы после зарегулирования стока, следует также рассматривать «срезку» пика максимальных расходов, в отсутствие которой повышению ее урожайности в многоводные годы препятствовало бы увеличение проточности полоев, как это наблюдалось в естественных условиях (см. выше). Непосредственными причинами относительно низкой урожайности воблы в маловодные годы, очевидно, является искусственная задержка начала половодья и низкая водность мая, наблюдающиеся после зарегулирования стока.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Разность между значениями урожайности леща в естественных условиях и после зарегулирования стока в основном определяется разностью в водности июня, так как кривая $\Delta N_{L_{0+}}$ на графике следует параллельно кривой ΔV_6 (рис. 1.13). Искусственному, т.е. обусловленному зарегулированием стока, уменьшению водности июня в среднем на 1 км^3 соответствует снижение урожайности леща в среднем на 3,5 экз/час. Однако, в годы пониженной (относительно нормы) водности снижение стока воды в июне на 1 км^3 обуславливает снижение урожайности в среднем на 2,6 экз/час, а в годы повышенной водности урожайность снижается в среднем на 4,2 экз/час при снижении водности на 1 км^3 . На графике резкому изменению отношения $\Delta N_{L_{0+}} / \Delta V_6$ соответствует пересечение кривых $\Delta N_{L_{0+}}$ и ΔV_6 . Сравнительно низкое значение отношения $\Delta N_{L_{0+}} / \Delta V_6$ наблюдается в маловодные годы, когда после зарегулирования стока половодье наступает значительно позже, чем это было в естественных условиях. В этих условиях падение урожайности леща, обусловленное уменьшением стока воды в июне, замедляется.

Следовательно, основной непосредственной причиной снижения урожайности леща после зарегулирования стока Волги, является уменьшение стока воды в июне. Особенно резко отличаются по урожайности леща многоводные годы до и после зарегулирования стока (рис. 1.10; табл. 1.13 и 1.14), различие между маловодными годами выражено не столь ярко в связи с тем, что в эти годы в современных условиях половодье начинается значительно позже, чем до зарегулирования стока.

Увеличение стока воды в июне, которому в естественных условиях сопутствовал сдвиг максимума, а после зарегулирования – сдвиг даты окончания половодья на более поздние, чем обычно, сроки (табл. 1.15 и 1.16), по-видимому, благоприятствует завершению развития молоди леща и ее скату в море.

Позитивное влияние на урожайность леща оказывает и увеличение стока воды в мае, когда оно сопровождается увеличением площади заливаемой полыми водами территории (маловодные годы в естественных условиях и многоводные годы после зарегулирования стока). Об этом свидетельствует то, что положительная связь урожайности леща с V_5 как до, так и после зарегулирования стока наблюдалась только одновременно с ее положительной связью с максимальным уровнем воды (табл. 1.18 и 1.21). Однако повышение урожайности леща, обусловленное увеличением пло-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

щади нерестилиц, менее значимо чем то, причиной которого является увеличение стока воды в июне. При сравнительно благоприятных условиях для нереста леща (многоводные годы после зарегулирования стока) численность его сеголеток в море в несколько раз меньше, чем при условиях, благоприятствовавших развитию личинок и скату молоди в море (годы средней водности в естественных условиях). От успешного достижения молодью леща покатной стадии развития в большей степени, чем от результатов нереста, зависит численность его сеголеток в море.

Таким образом, различие между воблой и лещом в биологии и экологии размножения после зарегулирования стока проявилось в реакции их урожайности на изменения не какого-либо одного или двух факторов, а комплекса гидрологических условий (табл. 1.20 и 1.21), который в целом стал более благоприятным для воспроизводства воблы, чем для воспроизводства леща. Однако, так же, как в естественных условиях, после зарегулирования стока отношение урожайности воблы к урожайности леща снижалось (хотя и неравномерно) с повышением водности (рис. 1.11). Из этого следует, что рост урожайности леща с повышением водности происходил более высокими темпами, по сравнению с ростом урожайности воблы. Несмотря на это, даже в наиболее многоводные годы после зарегулирования стока урожайность леща в три раза ниже урожайности воблы.

Сравнительный анализ данных, приведенных в табл. 1.16 и 1.20, показывает, что все гидрологические факторы, влияющие на урожайность рыб после зарегулирования стока, за исключением даты наступления максимального уровня, в свою очередь находятся в тесной зависимости от стока половодья. И наоборот, все гидрологические параметры, находящиеся в устойчивой зависимости от стока половодья, в свою очередь влияют на урожайность рыб.

Таким образом, после зарегулирования стока влияние естественных колебаний водности на урожайность воблы и леща, носит не ограниченный, как это было в естественных условиях, а комплексный характер, т.е. распространяется на все состояния гидрологического режима и проявляется посредством влияния большого числа разнородных гидрологических параметров. Урожайность рыб после зарегулирования стока так же, как и в естественных условиях, зависит не только от объема половодья, но и его распределения во времени. Но если раньше это распределение слабо зависело от водности, то теперь оно целиком в ее власти. Удивительно, что причиной этого стало зарегулирование стока.

1.5.5 Расчет (прогноз) гидрологических параметров половодья и урожайности воблы и леща

Результаты исследований позволяют сделать следующий важный с практической точки зрения шаг – перейти к расчету (прогнозу) гидрологических параметров половодья и урожайности воблы и леща. Следует отметить, что расчет урожайности (точнее, численности сеголеток воблы и леща в море) был возможен и ранее на основе установленных в предыдущих исследованиях зависимостей урожайности от гидрологических параметров половодья (Научные основы, 1998). Однако этот расчет мог быть сделан только вслед за половодьем, после измерения его параметров, то есть тогда, когда его результаты уже не имеют существенного значения, так как могут служить только для оценки точности учета сеголеток в море. Хотя при отсутствии учета сеголеток, данные расчета могут использоваться для ориентировочной оценки динамики запасов рыб в море.

Более важным с практической точки зрения является расчет урожайности рыб, сделанный до начала половодья (по сути – это уже прогноз), когда полученные данные можно использовать для планирования и осуществления водохозяйственных и рыбохозяйственных мероприятий, направленных на повышение урожайности рыб. Чем больше заблаговременность прогноза, тем больше возможностей для мобилизации сил и средств, необходимых для решения этой задачи, особенно актуальной при возникновении угрозы снижения уровня естественного воспроизводства рыбных запасов.

Установленные в работе устойчивые количественные зависимости большинства гидрологических параметров половодья от его объема, а самого объема половодья от притока воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ во втором квартале можно использовать для составления прогнозов урожайности рыб большой заблаговременности. Как правило, прогноз притока воды к каскаду составляется в начале марта, а примерно через месяц становятся известными данные о планируемых во втором квартале объемах сброса воды из Волгоградского водохранилища (т.е. об ожидаемом объеме половодья в дельте Волги). Прогноз притока (хотя он не всегда оправдывается) и план сброса воды (хотя он не всегда выполняется) можно использовать для составления прогнозов урожайности воблы и леща.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Первый расчет (прогноз) гидрологических параметров половодья, а также урожайности воблы и леща может быть сделан уже в начале марта. Для его выполнения предлагается использовать: а) количественную зависимость объема половодья от притока воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ; б) количественные зависимости гидрологических параметров половодья от его объема; в) количественные зависимости показателей урожайности воблы и леща от гидрологических параметров половодья. Описание зависимости, названной в пункте «а», приведено в разделе 1.5.1. Характеристика зависимостей, названных в пп. «б» и «в», полученных на основе регрессионного анализа исходных выборок ($N = 17$), дана в табл. 1.23.

Таблица 1.23

Характеристика моделей линейной регрессии, рекомендуемых для прогноза гидрологических параметров половодья и урожайности воблы и леща

NN пп	Уравнение линейной регрессии	R	σ	r
1	$V_5 = 0,365V_{hw} + 17,72$	0,72	5,9	0,86
2	$V_6 = 0,279V_{hw} - 3,58$	0,66	5,4	0,82
3	$C_s = 0,634V_{hw} - 32,01$	0,90	5,5	0,96
4	$C_{hw} = 0,846V_{hw} - 30,29$	0,94	6,0	0,97
5	$D_b = 61,79 - 0,316 V_{hw}$	0,64	6,3	0,81
6	$D_{fi} = 0,530V_{hw} + 31,49$	0,70	9,4	0,85
7	$L_m = 1,289V_{hw} + 119,61$	0,71	22,2	0,85
8	$NV_{0+} = 3,29L_m - 646$	0,52	127	0,74
9	$NV_{0+} = 3,94L_m - 2,69V_5 - 667$	0,49	131	0,74
10	$NL_{0+} = 1,22L_m - 255$	0,52	47	0,74
11	$NL_{0+} = 1,09L_m + 0,324C_{hw} - 239$	0,50	49	0,74

Примечание: R – коэффициент детерминации моделей линейной регрессии; r – коэффициент линейной корреляции моделей с исходными выборками; σ – среднее квадратическое отклонение моделей линейной регрессии.

Расчет ожидаемых гидрологических параметров половодья предлагается проводить дважды. Первый раз – сразу после получения прогноза притока воды к Волжско-Камскому каскаду ГЭС. При этом значение V_{hw} в уравнениях линейной регрессии 1-7, приведенных в табл. 1.23, рассчитывается по уравнению 1.4, приведенному в разделе 1.5.1. Повторный расчет ожидаемых гидрологических параметров половодья предлагается выполнять сразу после уточнения графиков сброса воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла. В этом случае значение V_{hw} в уравнениях линейной

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

регрессии 1-7 (табл. 1.23) принимается в соответствии с графиком сброса воды во втором квартале.

Материалы, использованные в работе, позволяют дать ориентировочную оценку точности предлагаемых методов расчета параметров половодья в дельте Волги. Эту оценку можно рассматривать как оценку качества полученных моделей линейной регрессии на независимом материале. Независимым материалом послужили данные о гидрологических параметрах половодья за 25 лет из периода 1960-2001 гг., не вошедших в выборку ($n = 17$), на основе которой были получены уравнения 1-7 (табл. 1.23).

Для оценки точности расчетов (или качества моделей линейной регрессии) фактические значения гидрологических параметров половодья в указанные 25 лет сравнивались со значениями, рассчитанными по уравнениям 1-7 (табл. 1.23). Точность расчетов определялась как отношение (%) числа значений, совпадающих с фактическими данными (с учетом ошибки модели), к общему числу фактических наблюдений.

В первом случае (I) значение V_{hw} в уравнениях 1-7 (табл. 1.23) рассчитывалось по уравнению 4 в зависимости от V_{if} (см. раздел 1.5.1), во втором случае (II) бралось фактическое значение V_{hw} . Результаты оценки оправдываемости прогнозов гидрологических параметров половодья приведены в табл. 1.24.

Таблица 1.24

**Оценка точности (%) моделей линейной регрессии, рекомендуемых для
расчета (прогноза) гидрологических параметров половодья**

Гидрологические параметры половодья	I*	II*
Сток воды в мае, V_5	60	76
Сток воды в июне, V_6	68	60
Продолжительность стояния уровня на отметках > 190 см, C_s	64	72
Продолжительность половодья, C_{hw}	32	60
Дата начала половодья, D_b	44	68
Дата окончания половодья, D_{fi}	72	68
Максимальный уровень воды, L_m	84	88

Примечание: * пояснения см. в тексте

В соответствии с полученными результатами точность расчетов гидрологических параметров половодья в зависимости от притока воды к Волжско-Камскому каскаду ГЭС или сбросов воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла во втором квартале следует считать удовлетворительной ($\geq 60\%$) во всех случаях, за исключением расчетов даты начала и про-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

должительности половодья. Высокой ($\geq 80\%$) является точность расчетов максимального уровня воды – параметра, имеющего исключительно важное значение не только для рыбного хозяйства, но и других отраслей экономики, а также для обеспечения защиты территории и населения от паводковых вод. Результаты апробации полученных уравнений линейной регрессии на независимом материале подтверждают сделанные выше выводы о сформировавшейся после зарегулирования стока тесной зависимости гидрологических параметров половодья от водности лет.

Расчет урожайности воблы и леща предлагается проводить трижды. Первый раз – сразу после получения прогноза притока воды к Волжско-Камскому каскаду ГЭС. При этом значение гидрологических параметров половодья в уравнениях линейной регрессии 8-11, приведенных в табл. 1.23, рассчитывается по уравнениям 1-7 в этой же таблице, а значение V_{hw} – в зависимости от V_{if} по уравнению 1.4, приведенному в разделе 1.5.1. Повторный расчет урожайности воблы и леща предлагается выполнять сразу после уточнения графиков сброса воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла. В этом случае значения гидрологических параметров половодья для уравнений 8-11 рассчитываются по уравнениям 1-7 в зависимости от V_{hw} , значение которого принимается в соответствии с графиком сброса воды во втором квартале. В третий раз урожайность воблы и леща предлагается рассчитывать сразу после прохождения половодья по уравнениям 8-11 (табл. 1.23) по данным гидрологических наблюдений.

Ориентировочная оценка точности расчетов урожайности рыб (или качества моделей линейной регрессии) проводилась на независимом материале в том же порядке, что и оценка точности гидрологических расчетов. В первом случае (I) исходным параметром для расчета урожайности выступал V_{if} , во втором случае (II) таковым был V_{hw} . В третьем случае (III) урожайность рассчитывалась непосредственно по измеренным гидрологическим параметрам. В качестве таковых для расчета урожайности воблы использовались максимальный уровень воды отдельно (уравнение 8 в табл. 1.23) и совместно со стоком воды в мае (уравнение 9 в табл. 1.23). Для расчета урожайности леща также использовался максимальный уровень воды отдельно (уравнение 10 в табл. 1.23) и совместно с продолжительностью половодья (уравнение 11 в табл. 1.23). Выбор указанных параметров в качестве независимых переменных обосновывается тем, что по данным корреляционного анализа они имели наиболее тесную связь с урожайностью

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

воблы и леща (см. выше). Во всех случаях расчетные данные сравнивались с фактическими, что и явилось основой для ориентировочной оценки точности расчетов урожайности рыб (табл. 1.25).

Таблица 1.25

**Оценка точности (%) моделей линейной регрессии, рекомендуемых для
расчета (прогноза) урожайности воблы и леща в дельте Волги**

Показатели урожайности рыб	Независимые переменные	I*	II*	III*
Урожайность воблы, NV_{0+}	L_m	52	60	56
	L_m, V_5	56	68	60
Урожайность леща, NL_{0+}	L_m	68	72	68
	L_m, C_{hw}	64	68	80

Примечание: * пояснения см. в тексте

Из полученных результатов следует, что точность расчетов урожайности леща выше, чем урожайности воблы. Наименьшая точность свойственна расчетам, исходным параметром для которых служил приток воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ, но для урожайности леща она была вполне удовлетворительной. Наибольшая точность, как правило, присуща расчетам урожайности рыб, исходным параметром для которых служил объем половодья. Это говорит о том, что на стадии планирования сбросов воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла можно составлять прогнозы урожайности воблы и леща и использовать их для корректировки графика попусков воды.

Увеличение числа независимых переменных с одной до двух (L_m и V_5) повышало точность расчетов урожайности воблы. Наименьшее отклонение фактической урожайности от расчетной у леща также зафиксировано при использовании двух переменных (L_m и C_{hw}), но только в том случае (III), когда для расчета использовались измеренные гидрологические параметры половодья. Очевидно, что относительно низкая точность расчетов продолжительности половодья (табл. 1.24), в свою очередь, способствовала снижению точности расчетов урожайности леща, в которых в качестве одного из предикторов использовался параметр C_{hw} , рассчитанный исходя из V_{if} и V_{hw} . В связи с этим для расчета (прогноза) урожайности леща, выполняемого перед началом половодья, рекомендуется использовать только один предиктор, а именно ожидаемый максимальный уровень воды.

В целом проверка на независимом материале, превышающем по объему исходные выборки, подтвердила объективный характер выявленных при проведении корреляционного анализа причинно-следственных

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

связей урожайности воблы и леща с гидрологическими параметрами половодья. После зарегулирования стока высота половодья и, соответственно, площадь обводнения нерестилищ, стали играть главную роль в формировании урожайности воблы и леща. При этом урожайность воблы зависит также от стока воды в период обводнения нерестилищ, а урожайность леща – от продолжительности этого периода. Гидрологические параметры половодья, непосредственно влияющие на урожайность воблы и леща, в свою очередь находятся в тесной зависимости от объема половодья, выступающего, таким образом, в качестве интегрального фактора, регулирующего естественное воспроизводство воблы и леща в дельте Волги.

Следует отметить, что предложенная схема составления прогнозов урожайности воблы и леща может быть существенно упрощена, поскольку гидрологические параметры, используемые в качестве предикторов (L_m , V_5 , C_{hw}), находятся в количественной зависимости от V_{hw} (формулы 1, 4, 7 в табл. 1.23), а V_{hw} , в свою очередь, тесно зависит от V_{if} (формула 1.4 в разделе 1.5.1).

Таким образом, для прогноза урожайности рыб непосредственно можно использовать количественные зависимости NL_{0+} и NV_{0+} от V_{hw} и V_{if} . Однако, как следует из их характеристики, приведенной в табл. 1.26, при этом увеличивается по сравнению с формулами 8-11 в табл. 1.23 ошибка расчета (σ). Кроме того, упрощенная схема прогноза урожайности рыб не пригодна для корректировки графиков попуска воды, т.е. регулирования распределения стока половодья во времени в соответствии с рыбохозяйственными нуждами.

Таблица 1.26

Характеристика количественных зависимостей урожайности воблы и леща от притока воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ и объема половодья в дельте Волги

NN пп	Уравнение линейной регрессии	R	σ	R
1	$NV_{0+} = 4,98V_{if} - 589$	0,36	148	0,63
2	$NV_{0+} = 4,27V_{hw} - 255$	0,36	147	0,63
3	$NL_{0+} = 1,72V_{if} - 214$	0,30	57	0,59
4	$NL_{0+} = 1,57V_{hw} - 108$	0,36	55	0,63

Примечание: R – коэффициент детерминации моделей линейной регрессии; r – коэффициент линейной корреляции моделей с исходными выборками; σ – среднеквадратическое отклонение моделей линейной регрессии.

Из вышеизложенного следует, что установленные в работе и апробированные на обширном материале, количественные зависимости можно использовать для расчета (прогноза) гидрологических условий половодья и урожайности воблы и леща в дельте Волги за месяц и более до наступления полых вод. Это открывает широкие возможности для оптимизации пусков воды с целью повышения уровня воспроизводства рыбных запасов.

1.6 Влияние загрязненности вод мелководной зоны устьевого взморья р. Волги на урожайность воблы и леща

Мелководная зона устьевого взморья Волги, под которой подразумевается акватория с глубинами менее 5 метров, прилегающая к дельте Волги, является частью ареала полупроходных рыб. Одновременно, она в наибольшей степени испытывает воздействие загрязняющих веществ, поступающих с речными водами. На качество среды обитания полупроходных рыб наряду со стоком загрязняющих веществ оказывают влияние процессы смешения речных и морских вод. Эти обстоятельства стали основанием для выбора мелководной зоны в качестве района исследований, которые проводились с участием автора в августе 2000 г. и в сентябре 2001 г.

Устьевое взморье Волги, как известно, делится на отмелую и приглубую части (Устьевая область, 1998). Первая простирается от морского края дельты до морского бара (глубины 2-3 метра), вторая – далее на юг до глубины 10-12 метров. Район исследований (мелководная зона) охватывает полностью отмелую часть взморья и акваторию приглубой части, простирающуюся от морского бара до глубины 5 метров. Эта акватория для удобства далее называется приглубой частью мелководной зоны. Кроме того, для облегчения анализа данных мелководная зона разделена еще на две части: восточную и западную, граница между которыми проведена по Тишковскому каналу.

В разделе 1.6.1 приводится характеристика природных условий в северо-западной части Каспийского моря и конкретно в районе исследований во время проведения экспедиционных работ. В разделе 1.6.2 анализируется динамика загрязненности и качества вод в связи с природными условиями и поступлением загрязняющих веществ со стоком р. Волги. Раздел 1.6.3 посвящен анализу воздействия стока загрязняющих веществ на урожайность воблы и леща.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

1.6.1 Характеристика природных условий в мелководной зоне устьевого взморья Волги в период проведения исследований

Для характеристики метеорологических условий в основном использовались данные наблюдений на станции о. Тюлений, предоставленные Каспийским морским научно-исследовательским центром Росгидромета, при недостатке которых использовались данные наблюдений на других станциях, расположенных в северо-западной части Каспийского моря.

Рассматриваемый период (2000-2001 гг.) существенно отличался от многолетних данных по температурному режиму. Оба года оказались значительно теплее обычного. Особенно теплыми были зимние месяцы, когда средняя температура воздуха превышала нулевую отметку, тогда как обычно она в это время бывает отрицательной (табл. 1.27). Температура воздуха в августе 2000 г. и сентябре 2001 г., когда проводились экспедиционные работы, также была выше нормы.

Таблица 1.27
Средняя месячная и средняя годовая температура воздуха в северо-западной части Каспийского моря (ГМС о. Тюлений) в 2000-2001 гг. в сравнении с многолетней нормой

Период	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
норма	-2,1	-1,8	1,6	10,3	17,7	22,2	25,5	25,2	19,4	12,6	6,4	1,5	11,5
2000	1,1	2,9	5,6	14,0	15,9	22,3	27,0	26,4	20,0	11,7	6,2	2,9	13,0
2001	1,1	1,4	6,0	12,3	18,4	22,8	27,1	25,9	20,6	12,7	9,0	1,2	13,2

Температура воды в северо-западной части Каспийского моря в 2000 и 2001 гг. также была выше нормы при чем во все сезоны года, за исключением конца весны – начала лета. Так, в августе 2000 г. она была на 1,7 градуса, а в сентябре 2001 г. – на 2,7 градуса выше обычного (табл. 1.28). Во все сезоны года и, особенно, в теплый период, повышенные температуры воды благоприятствовали жизнедеятельности биологических сообществ. Следует также отметить, что и температура воздуха, и температура воды в 2001 г. были выше, чем в 2000 г.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.28

Средняя месячная и средняя годовая температура морской воды в северо-западной части Каспийского моря (ГМС о. Тюлений) в 2000-2001 гг. в сравнении с многолетней нормой

Период	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Норма	0,7	0,8	3,6	11,2	18,8	23,4	25,3	24,4	19,5	12,4	6,2	2,2	12,4
2000	1,4	3,0	6,2	14,5	17,1	21,7	26,1	26,1	20,3	12,4	7,1	3,2	13,3
2001	5,6	5,1	7,2	11,5	17,3	20,2	25,5	24,6	22,2	17,2	11,9	5,9	14,5

На формирование режима течений в мелководной зоне устьевого взморья Волги влияет ветер, причем его влияние на циркуляцию вод усиливается по мере удаления от морского края дельты. В отмелой зоне еще преобладают стоковые течения, а в приглубой зоне режим течений полностью определяется ветром (Скриптунов, 1958). В 2000-2001 гг. относительно низкой по сравнению с нормой была повторяемость юго-восточных ветров в северо-западной части Каспийского моря, а повторяемость западных ветров, наоборот была выше нормы (табл. 1.29).

Таблица 1.29

Повторяемость ветра по направлениям (%) в северо-западной части Каспийского моря (ГМС Махачкала) в 2000-2001 гг. в сравнении с многолетней нормой

Период	Направление ветра							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Норма	3	4	7	39	5	1	13	28
2000	1	3	26	20	1	4	29	16
2001	2	3	25	24	2	3	25	17

Однако, в 2001 г. по сравнению с предыдущим годом увеличилась повторяемость юго-восточных ветров и уменьшилась повторяемость западных ветров. Это важное обстоятельство, поскольку западные ветры способствуют распространению речных вод, поступающих на взморье, к востоку, а юго-восточные ветры – к западу. В то же время воздействие ветра на динамику вод в рассматриваемые годы было более слабым, чем обычно, в связи с тем, что его скорость была значительно ниже нормы (табл. 1.30). Все же в 2001 г. произошло усиление скорости ветра по сравнению с 2000 г., что должно было отразиться на динамике вод.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.30

Средняя месячная и средняя годовая скорость ветра (м/с) в северо-западной части Каспийского моря (ГМС Махачкала) в 1997- 2001 гг. в сравнении с многолетней нормой

Период	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Норма	6,2	6,5	6,6	6,7	6,0	5,4	5,1	5,6	5,6	5,8	6,6	6,2	6,0
2000	2,7	2,8	3,9	3,0	2,9	3,4	3,7	3,0	3,1	2,4	2,9	2,5	3,0
2001	2,6	3,5	3,8	2,8	2,7	3,0	2,7	2,9	3,9	2,7	3,5	4,0	3,2

Естественно, что основным фактором влияющим на формирование гидрологических условий в мелководной зоне является речной сток. Рассматриваемые годы существенно отличались друг от друга по объему волжского стока. В 2000 г. он был близок к норме, а в 2001 г. существенно превышал ее. Увеличение объема речного стока сопровождалось снижением солености Северного Каспия и увеличением площади опресненной зоны (табл. 1.31).

Таблица 1.31

Сток Волги, соленость и площадь опресненной зоны Северного Каспия в 2000-2001 гг. (Рыбохозяйственные исследования, 2001, 2002)

Годы	Сток Волги, в/п Верхнее Лебяжье, км ³		Соленость Северного Каспия, ‰	Площадь опресненной зоны (0-8‰) Северного Каспия во время летней межени, тыс. км ²
	Половодье	Год		
2000	108,5	243	7,01	64,3
2001	133,8	282	6,78	82,1

Анализ сезонного хода солености за теплый период года (табл. 1.32) показывает, что в 2000 г. соленость в западной части Северного Каспия в октябре была ниже, чем в апреле. В 2001 г., наоборот, несмотря на сравнительно большой объем стока, соленость осенью оказалась выше, чем весной. Соответственно, в 2000 г., речные воды дольше оставались в западной части Северного Каспия, чем в следующем году, когда здесь было зафиксировано резкое от августа к октябрю повышение солености почти на три промилле. Следует отметить, что именно в этот период в мелководной зоне проводились экспедиционные работы.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.32

**Соленость воды (‰) в западной части Северного Каспия в 2000-2001 гг.
(Рыбохозяйственные исследования, 2001, 2002)**

Годы	Месяцы				
	Апрель	Июнь	Июль	Август	Октябрь
2000	8,52	7,17	6,41	7,75	8,37
2001	7,17	6,62	5,82	5,57	8,37

На водно-солевой баланс Северного Каспия влияют речной сток и ветер, определяющий интенсивность его водообмена со Средним Каспием (Экологическая политика, 2003). Исходя из этого, можно предположить, что снижение солености в западной части Северного Каспия от 2000 г. к 2001 г. было обусловлено увеличением объема стока, а сезонные изменения солености внутри каждого года определялись ветровыми условиями. В частности, усиление скорости ветра и увеличение повторяемости юго-восточных ветров в 2001 г. способствовало сокращению срока пребывания пресных вод в западной части Северного Каспия.

На рубеже столетий существенно сократился, по сравнению с периодом повышения уровня моря, вынос с волжским стоком в Северный Каспий взвешенных наносов, органических и биогенных веществ (табл.1.33), что после серии полноводных лет, истощивших их запасы в речном бассейне, вполне объяснимо.

Таблица 1.33

**Средний годовой сток биогенных, взвешенных и органических веществ р.
Волги Северный Каспий в 1999-2001 гг. (Рыбохозяйственные исследования,
2000, 2002)**

Показатель	Год		Половодье	
	тыс. тонн	%	тыс. тонн	%
Фосфор общий	22,4	59	9,4	63
Фосфор органический	5,3	19	2,1	19
Фосфор минеральный	17,1	194	7,3	192
Азот общий	320,7	78	183,4	104
Азот органический	107,4	39	52,8	49
Азот минеральный	222,4	165	139,8	200
Растворенный кремний	694,0	131	348,8	148
Органическое вещество	3600	80	1770	86
Взвешенное вещество	5270	71	2630	49

Примечание: 1) сток в % указан относительно периода 1978-1999 гг.; 2) сток органического и общего азота дан по 1999 и 2000 гг.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Существенные изменения произошли в стоке биогенных элементов, на фоне сокращения выноса валовой и органической форм увеличилось почти в 2 раза поступление минеральных соединений азота и фосфора. Одновременно возросло поступление растворенного кремния в Северный Каспий с волжским стоком.

Сокращение стока биогенных элементов способствовало снижению биологической продуктивности Северного Каспия (Катунин и др., 2001), объем валовой первичной продукции в 1997-2000 гг. (22,0 млн. тонн С/год) оказался существенно ниже, чем в 1991-1995 гг. (28,5 млн. тонн С/год). Интересно, что при этом резко возросло отношение первичной продукции к деструкции планктона (с 1,2 до 1,6), что, по-видимому, объясняется уменьшением стока ОВ и увеличением стока минеральных соединений биогенных элементов.

Известно, что особенно активно процессы трансформации ионного стока, а также стока органических веществ и микроэлементов протекают при смешении речных и морских вод в диапазоне солености от 0 до 5-6‰ (Симонов, 1969; Артемьев, 1993; Демина и др., 1978). На устьевом взморье р. Волги воды с указанной соленостью занимают мелководную зону (Скриптунов, 1958). Следует отметить, что в мелководной зоне устьевого взморья Волги происходит также преобразование стока взвешенных наносов (Полонский и др., 1992).

Экспедиционные исследования солевого состава смешанных вод в мелководной зоне (в частности, изменение их общей минерализации и отношения концентрации хлоридов к концентрации гидрокарбонатов) указывают на его постепенную трансформацию от «речного» к «морскому» типу, происходящую во всей мелководной зоне, но более активно протекающую в ее приглубой части (табл. 1.34). Различие в общей минерализации вод между отмелой и приглубой зонами в 2001 г. было более ярко выражено, чем в предыдущем году. Причиной этого, по-видимому, является более активная адвекция морских вод на устьевое взморье в 2001 г., которые «вытесняли» пресные воды из восточной в западную часть. В результате минерализация вод в отмелой зоне в целом, а также в приглубой зоне западной части взморья в 2001 г. оказалась даже ниже, чем в 2000 г. Поступление морских вод на устьевое взморье в 2000 г. было не столь ярко выражено, как в следующем году, при этом оно лучше ощущалось в его западной части, откуда пресные воды «вытеснялись» к востоку, где минерализация вод была ниже, чем на западе.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.34

**Солевой состав воды в мелководной зоне устьевого взморья Волги
по данным экспедиционных исследований**

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Cl, мг/л	143	45,2	288	236	54,5	37,7	267	362
SO ₃ , мг/л	128	75,3	200	212	67,9	53,9	198	337
HCO ₃ , мг/л	131	114	131	128	109	96,3	143	107
Ca, мг/л	48,4	40,6	51,5	53,0	35,7	36,7	53,1	55,0
Mg, мг/л	26,4	14,2	44,9	44,0	14,7	11,4	42,4	54,5
Na, мг/л	82,7	34,9	165	184	31,6	25,5	157	265
Σ ионов, мг/л	567	335	894	867	320	267	870	1208
Cl/HCO ₃	1,09	0,40	2,20	1,84	0,50	0,39	1,87	3,38

Примечание: В сумме ионов учтена концентрация (мг/л) ионов K и CO₃

Межгодовые изменения в характере пространственного распределения минерализации вод в мелководной зоне согласуются не только с указанными выше особенностями солевого баланса Северного Каспия, но и с их первопричиной – межгодовыми изменениями циркуляции атмосферы. В 2000 г. летом над акваторией Северного Каспия преобладали западные ветры, а в 2001 г. – юго-восточные. Первые из них, как уже отмечалось, направляют речные воды, поступающие из водотоков дельты, на восток, а вторые – на запад.

Температура воды в мелководной зоне устьевого взморья в 2001 г. была ниже, чем в предыдущем году, что объясняется более поздними сроками проведения экспедиционных работ. Соответственно, концентрация растворенного кислорода в воде в 2001 г. оказалась выше, чем в 2000 г.

Однако легко заметить (табл. 1.35), что на содержание растворенного кислорода в воде помимо температуры оказывали влияние интенсивность и отношение продукционных и деструкционных процессов. В большинстве рассматриваемых районов степень насыщения вод кислородом в 2000 г. не превышала 90%, а в 2001 г., наоборот, была выше 110%.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.35

Температура, концентрация растворенного кислорода и водородный показатель в водах мелководной зоны по данным экспедиционных исследований

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
T, °C	25,3	21,2	24,3	21,0	26,3	20,5	22,8	20,6
O ₂ , мг/л	5,67	10,1	7,44	9,37	7,70	10,4	7,18	10,8
O ₂ , %	70	115	89,8	105	97,1	115	85,0	121
pH	8,06	8,75	8,74	8,73	8,38	9,06	8,16	8,87

В период проведения экспедиционных работ в 2000 г. в мелководной зоне преобладали деструкционные процессы. Процессам фотосинтеза, по-видимому, препятствовала низкая прозрачность воды, обусловленная турбулентным перемешиванием вод и взмучиванием донных отложений. В 2001 г. прозрачность воды была высокой и, соответственно, продукционные процессы преобладали над деструкционными. Межгодовые изменения водородного показателя (табл. 1.35) подтверждают высказанную точку зрения. Его значение в 2000 г. во всех районах, кроме западной части приглубой зоны, было на 0,7 единиц pH ниже, чем в 2001 г.

Различие в отношении продукционных и деструкционных процессов между 2000 и 2001 гг. сказалось и на содержании биогенных элементов (азота и фосфора) в воде мелководной зоны. Во всех рассматриваемых нами районах концентрация минеральных соединений этих элементов в 2001 г., когда они интенсивно потреблялись фитопланктоном, была ниже, чем в 2000 г. (табл. 1.36), когда гидрологические условия препятствовали фотосинтезу.

Кроме того, в 2000 г., на фоне преобладания деструкционных процессов отмелая и приглубая зона практически не отличались друг от друга по содержанию биогенных элементов в воде, а в следующем году их концентрация в водах приглубой зоны была ниже, чем в водах отмелой зоны. Это говорит о том, что в условиях, благоприятствующих фотосинтезу, запас биогенных элементов в речной воде может быть практически исчерпан уже в отмелой зоне.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.36

**Концентрация биогенных элементов в водах мелководной зоны
по данным экспедиционных исследований**

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
N-NH ₄ , мг/л	0,040	0,054	0,040	0,060	0,060	0,060	0,106	0,100
N-NO ₂ , мг/л	0,007	0,007	0,007	0,009	0,006	0,001	0,011	0,003
N-NO ₃ , мг/л	0,147	0,124	0,170	0,050	0,140	0,022	0,153	0,015
N _{мин} , мг/л	0,192	0,189	0,220	0,120	0,210	0,080	0,270	0,100
P-PO ₄ , мг/л	0,041	0,016	0,071	0,029	0,046	0,004	0,056	0,020
N _{мин} / P _{мин}	4,7	11,8	3,1	4,1	4,6	20,0	4,8	5,0

Интересно, что отношение $N_{\text{мин}} / P_{\text{мин}}$ в воде приглубой зоны, а в 2000 г. также отмелой зоны, было ниже, чем в органическом веществе планктона, где оно примерно равно 7 (Романкевич, 1977). Это указывает на повышенную скорость биологического круговорота фосфора (по сравнению с азотом) в мелководной зоне. В качестве подтверждения тому можно указать на снижение отношения $N_{\text{мин}} / P_{\text{мин}}$ в направлении от отмелой к приглубой зоне. Следует отметить, что в 2001 г. в отмелой части отношение $N_{\text{мин}} / P_{\text{мин}}$ было достаточно высоким, на что, возможно, повлияло повышенное, по сравнению с предыдущим годом значение этого отношения в волжских водах. Однако по мере трансформации речных вод в 2001 г. это отношение также резко снижалось.

Судя по значениям БПК и ХПК, концентрация растворенных органических веществ в воде мелководной зоны в 2001 г. была выше, чем в предыдущем году (табл. 1.37). Причин тому могло быть несколько. Во-первых, сток ОВ в целом за год и за период половодья в 2001 г. был в два раза выше, чем в 2000 г.; во-вторых, продукция ОВ фитопланктоном, судя по гидрохимическим показателям в 2001 г. также была выше, чем в 2000 г. Возрастание БПК и ХПК по направлению от дельты в море указывает, что при благоприятных условиях примерно треть ОВ, поступающего из отмелой в приглубую зону может составлять вещество, синтезированное фитопланктоном.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 1.37

БПК₅ и ХПК в водах мелководной зоны по данным экспедиционных исследований

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
БПК ₅ , мг О ₂ /л	2,06	4,68	3,97	5,04	3,26	3,80	3,48	4,54
ХПК, мг О ₂ /л	26,4	29,5	26,7	43,7	25,4	36,6	30,4	34,9

Таким образом, на происходящие в мелководной зоне устьевого взморья Волги физико-химические и биохимические процессы влияют несколько природных факторов:

- а) поступление с речным стоком пресных вод, растворенных и взвешенных веществ;
- б) циркуляция, перемешивание вод и взмучивание донных отложений.

Большое значение имеет воздействие ветра на динамику вод. Западные ветры способствуют отклонению струй речных вод к востоку, а восточные – к западу. При этом в первом случае повышается минерализация вод в западной части, а во втором случае – в восточной части мелководной зоны. Отклонения струй речных вод более ярко выражены в приглубой части по сравнению с отмелой. Уменьшение прозрачности, обусловленное усилением ветра, волнения и взмучивания донных отложений, способствует снижению скорости фотосинтеза. При благоприятных для жизнедеятельности фитопланктона условиях, биогенные элементы, поступающие с речным стоком, активно потребляются в отмелой части мелководной зоны.

1.6.2 Загрязненность вод мелководной зоны устьевого взморья Волги в период проведения исследований

Основная часть загрязняющих веществ (ЗВ) поступает в моря с речным стоком, хотя в отдельных случаях, касающихся некоторых компонентов или водоемов, на главную роль в загрязнении претендуют сточные воды, атмосферные осадки или другие источники (Герлах, 1985). В устьевых областях рек, на геохимическом барьере «река-море» происходит транс-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

формация стока растворенных и взвешенных веществ (Биогеохимия океана, 1983), в результате которой лишь часть из них достигает морской границы устьевого взморья.

В литературе распространено мнение, что сток загрязняющих веществ р. Волги вносит основной вклад в загрязнение Каспийского моря (Орадовский и др., 1997; Шапоренко, 1997). Это мнение основано на учете стока ЗВ в вершине дельты Волги. В то же время известно, что загрязняющие вещества, проходя через дельту и авандельту Волги, претерпевают количественные и качественные изменения (Чуйков и др., 1996). Например, сток нефтяных углеводородов (НУ) на морской границе устьевого взморья в среднем в три раза меньше, чем в вершине дельты (Устьевая область, 1998).

При проведении экспедиционных исследований в водах и донных отложениях мелководной зоны определялось содержание загрязняющих веществ. Судя по полученным результатам (табл. 1.38), средняя концентрация нефтяных углеводородов в 2000 и 2001 гг. на всех участках акватории превышала норму, установленную для рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/л). Средняя концентрация синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), наоборот, везде была ниже ПДК (0,10 мг/л).

Таблица 1.38
Концентрация НУ в водах (мг/л) и донных отложениях (мг/кг) мелководной зоны устьевого взморья Волги

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
НУ, мг/л	0,136	0,064	0,095	0,069	0,157	0,051	0,154	0,073
НУ, мг/кг	7,26	0,01	5,43	0	4,70	0,002	5,92	0

В 2000 г. концентрация нефтяных углеводородов в водах мелководной зоны была в несколько раз выше, чем в следующем году (в отмелой зоне – в 2-3 раза, в приглубой зоне – в 1,5-2 раза). Причиной этого, очевидно, является сток НУ, который в 2000 г. (104 тыс. тонн/год) был примерно во столько же раз больше стока НУ в 2001 г. (34 тыс. тонн/год). Следует отметить, что в 2000 г. в западной части взморья концентрация НУ снижалась в направлении от дельты к морю, а в восточной части концентрация НУ в отмелой и приглубой зонах была практически одинаковой,

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

что, по всей вероятности было обусловлено преобладающим переносом речных вод в восточном направлении. Пространственное распределение концентрации НУ в 2001 г. было достаточно однородным, наибольшие значения были зарегистрированы в западной приглубой зоне, наиболее подверженной влиянию адвекции морских вод.

Легко заметить, что межгодовые изменения содержания НУ и характер пространственного распределения их концентрации в донных отложениях в 2000 г. (табл. 1.38) полностью соответствуют таковым в водах мелководной зоны. Исходя из этого, можно предполагать, что основным источником НУ в донных отложениях является речной сток. Обращает на себя внимание, что при относительно низком стоке НУ, как это было в 2001 г., его влияние практически не сказывается на состоянии загрязненности мелководной зоны. При увеличении стока НУ, как это было в 2000 г., резко возрастает концентрация НУ в водах и донных отложениях мелководной зоны. Это означает, что самоочищающая способность дельты Волги в отношении нефтяных углеводородов имеет определенный предел, при этом сток НУ в 2000 г. был выше, а в 2001 г. – ниже этого предела.

По данным Астраханского ЦГМС в 2000 г. сток СПАВ р. Волги (12,1 тыс. тонн) был примерно в два раза выше, чем в 2001 г. (6,3 тыс. тонн). Концентрация СПАВ в водах мелководной зоны в 2000 г. также была выше, чем в следующем году, но незначительно (табл. 1.39). Интересно, что в оба года было зафиксировано увеличение содержания СПАВ в воде в направлении от дельты к морю.

Таблица 1.39
**Концентрация СПАВ в воде (мг/л) и донных отложениях (мг/кг)
мелководной зоны устьевого взморья Волги**

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
СПАВ, мг/л	0,025	0,022	0,060	0,059	0,046	0,028	0,067	0,060
СПАВ, мг/кг	5,73	5,74	10,4	4,07	1,98	5,74	1,56	4,16

Метод определения СПАВ в воде не отличается избирательностью, вместе с синтетическими ПАВ в воде определяются поверхностно-активные вещества, синтезируемые планктоном. В связи с этим мы полагаем, что указанный пространственный градиент СПАВ, совпадающий с

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

пространственным градиентом БПК и ХПК, был обусловлен природными ПАВ, продуцируемыми в отмелой зоне и транспортируемыми в дальнейшем в приглубую зону. Часть ПАВ, попавшая вместе с взвесью в осадок, судя по всему, менее транспортабельна, поэтому в донных отложениях приглубой зоны концентрация ПАВ, как правило, ниже, чем в отмелой зоне. Однако, когда, как в 2000 г., условия благоприятствуют взмучиванию донных отложений, ПАВ легче транспортируются в приглубую зону, где их концентрация становится выше, чем в отмелой зоне.

В обе съемки в воде и донных отложениях мелководной зоны устьевого взморья определялась с помощью атомно-абсорбционного метода концентрация тяжелых металлов (ТМ). Ее межгодовые изменения, по-видимому, определялись поступлением металлов с волжским стоком. В 2001 г. по сравнению с предыдущим годом в воде уменьшилось содержание Mn, Zn, Cr, Cd, Hg и повысилась концентрация Ni и Pb, неизменным осталось только среднее содержание меди (табл. 1.40). Следует отметить, что по данным Астраханского ЦГМС в 2001 г. сократилось относительно предыдущего года поступление меди и цинка в вершину дельты. Сток цинка уменьшился в три раза, с 7,2 до 2,4 тыс. тонн. При этом его концентрация в водах мелководной зоны уменьшилась на три порядка.

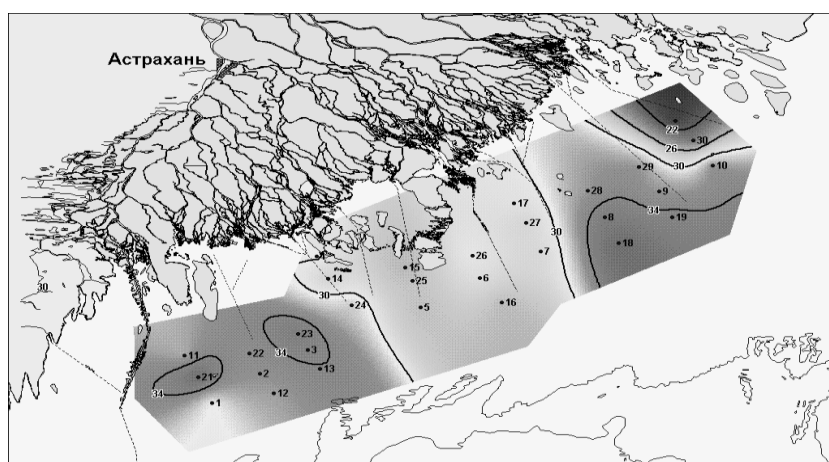
Таблица 1.40
Концентрация тяжелых металлов в водах мелководной зоны
устьевого взморья Волги

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая		Приглубая		Отмелая		Приглубая	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Mn, мг/л	0,008	0,004	0,008	0,005	0,009	0,002	0,010	0,003
Ni, мг/л	0,000	0,012	0,000	0,004	0,000	0,013	0,000	0,012
Zn, мг/л	0,030	0,0001	0,031	0,0003	0,028	0,0001	0,030	0,001
Cu, мг/л	0,005	0,007	0,006	0,011	0,006	0,010	0,006	0,014
Pb, мг/л	0,007	0,006	0,008	0,001	0,008	0,010	0,008	0,012
Cr, мг/л	0,003	0,002	0,003	0,006	0,004	0,001	0,003	0,004
Cd, мг/л	0,003	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001
Hg, мкг/л	0,081	0,050	0,103	0,117	0,124	0,036	0,050	0,102

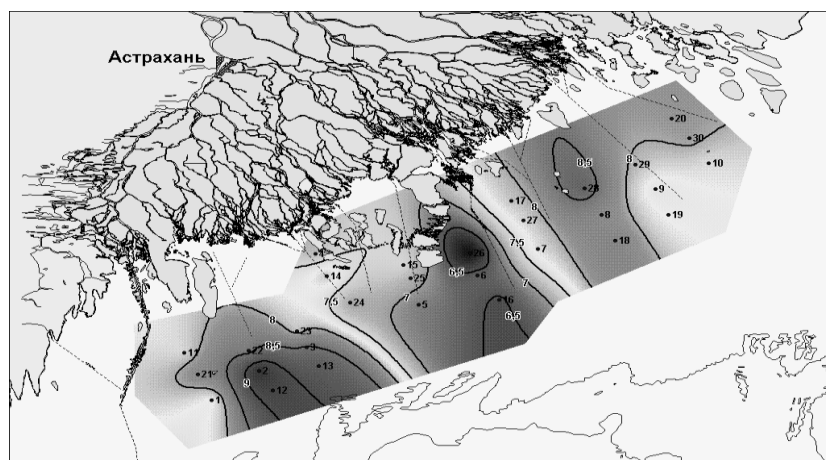
Пространственное распределение тяжелых металлов в водах мелководной зоны устьевого взморья в 2000 г. было достаточно однородным, каких-либо существенных различий в содержании ТМ между ее восточной

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

и западными частями, а также между отмелой и приглубой зоной выявлено не было. Это объясняется хорошим перемешиванием вод. Напомним, что пространственный градиент минерализации вод в мелководной зоне в 2000 г. был выражен не столь ярко, как в следующем году. Основной особенностью пространственного распределения ТМ в воде в этом году была область их пониженной концентрации в центральной части взморья. Пресные воды с повышенным содержанием ТМ следовали в приглубую зону двумя потоками из восточных и западных рукавов дельты, причем более ярко выраженным был восточный поток (рис. 1.14), что согласуется с отмеченными выше особенностями циркуляции вод во время проведения экспедиционных работ.



а)



б)

Рис. 1.14 Пространственное распределение содержания цинка (мкг/л) (а) и свинца (мкг/л) (б) в поверхностном слое воды, август 2000 г.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Картина пространственного распределения тяжелых металлов в воде в 2001 г. была более мозаичной. Концентрация тех металлов, поступление которых с речным стоком, по всей вероятности, уменьшилось (Mn, Zn, Cr, Hg), повышалась в направлении от отмелой к приглубой зоне (рис. 1.15).

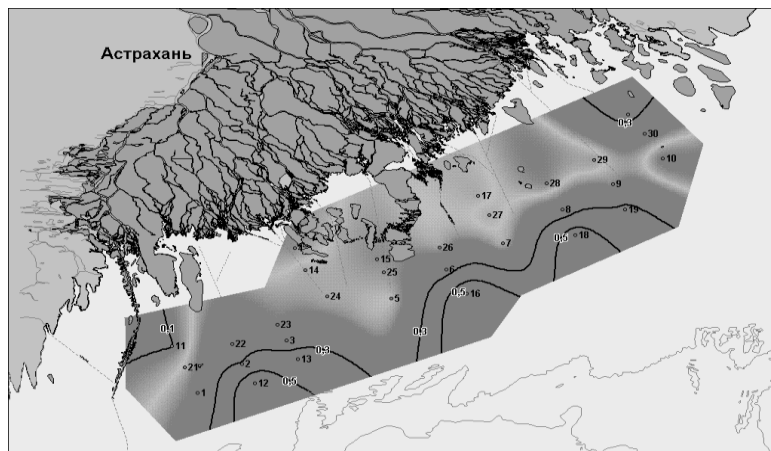


Рис. 1.15 Пространственное распределение содержания цинка (мкг/л) в придонном слое воды, сентябрь 2001 г.

Содержание в воде металлов, сток которых возрос (Ni, Pb), достигало максимума в восточной части дельты в зоне контакта наиболее пресных и наиболее соленых вод (максимальных градиентов минерализации) (рис. 1.16).

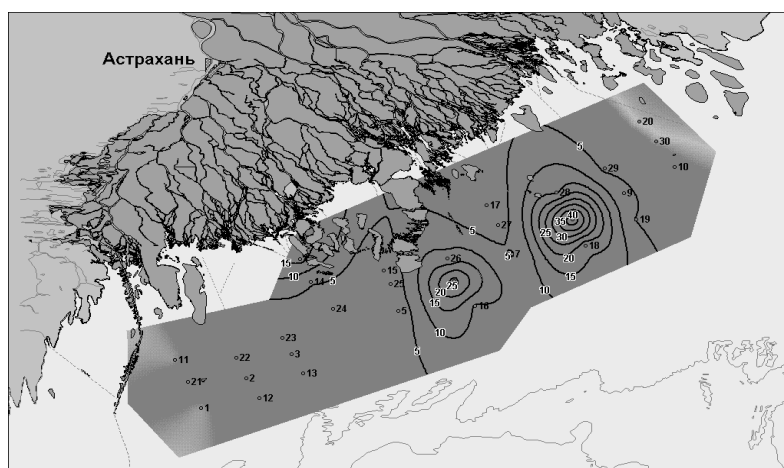


Рис. 1.16 Пространственное распределение содержания свинца (мкг/л) в придонном слое воды, сентябрь 2001 г.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Межгодовые изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях были аналогичны изменению их концентрации в воде и, по-видимому, также определялись их поступлением с речными водами. Исключением был только марганец, концентрация которого в воде в 2001 г. была ниже, чем в предыдущем году, а в донных отложениях, наоборот, возросла (табл. 1.41). В отсутствие данных о содержании марганца в речной воде можно только предполагать, что в 2001 г. увеличилось поступление марганца во взвешенной форме.

Таблица 1.41
Концентрация тяжелых металлов в донных отложениях мелководной зоны
устьевого взморья Волги в 2000 и 2001 гг.

Показатели	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая		Приглубая		Отмелая		Приглубая	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Mn, мг/кг	40,6	299	42,4	128	34,1	111	41,9	122
Ni, мг/кг	2,24	14,2	2,26	9,33	2,61	8,24	1,68	8,56
Zn, мг/кг	12,3	13,9	18,4	9,25	9,69	6,71	16,9	7,76
Cu, мг/кг	3,87	6,20	3,24	3,03	4,40	1,99	3,46	2,02
Pb, мг/кг	0,550	2,73	0,500	1,72	1,02	1,39	0,340	1,54
Cr, мг/кг	74,9	18,1	70,2	9,55	72,4	6,995	79,9	7,76
Cd, мг/кг	0,216	0,043	0,256	0,035	0,211	0,032	0,174	0,036
Hg, мг/кг	0,015	0,004	0	0	0	0	0,024	0,002

Пространственное распределение тяжелых металлов в донных отложениях на первый взгляд было достаточно хаотичным. Для выявления его закономерностей нами были рассчитаны отношения концентраций ТМ в донных отложениях восточной и западной частей, а также приглубой и отмелой зон мелководного взморья. При этом делимым всегда выступала концентрация ТМ в зоне, в которую был направлен поток речных вод, а делителем – концентрация в зоне, из которой этот поток следовал. В расчетах учитывалось, что генеральным направлением движения вод является их путь из отмелой в приглубую зону, и то, что в 2000 г. речные воды отклонялись от этого пути к востоку, а в 2001 г. – к западу. Результаты расчетов использовались для построения диаграмм (рис. 1.17), на которых металлы располагались слева направо в порядке возрастания отношения их концентрации в приглубой зоне к концентрации в отмелой зоне.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

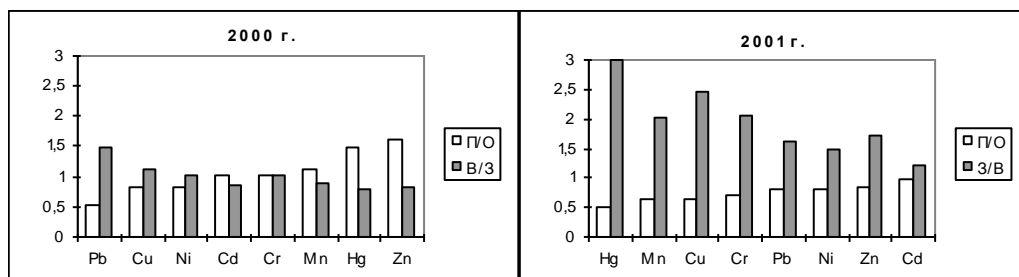


Рис. 1.17 Отношения концентрации ТМ в осадках одного района к их концентрации в осадках другого района взморья в 2000 и 2001 гг. (П/О – отношение концентрации в приглубой зоне к концентрации отмелой зоны; В/З – отношение концентрации в восточной части к концентрации в западной части; З/В – отношение концентрации в западной части к концентрации в восточной части)

По нашему мнению, указанное отношение, обозначенное на диаграмме как «П/О», является показателем самоочищающей способности отмелой зоны. Чем меньше это отношение, тем больше взвешенных частиц, содержащих тяжелые металлы, оседает в отмелой зоне, тем, следовательно, выше самоочищающая способность. И, наоборот, чем выше это отношение, тем больше тяжелых металлов во взвешенной форме выносятся из отмелой в приглубую зону, тем ниже указанная способность. Отношение концентрации того или иного вещества в приглубой зоне к его концентрации в отмелой зоне можно назвать коэффициентом переноса (в данном случае тяжелых металлов).

Осаждение металлов в пределах мелководной зоны происходит неравномерно. Как правило, в той ее части, к которой отклоняется поток речных вод, концентрация металлов в донных отложениях выше, чем в части, из которой этот поток берет начало (в 2000 г. путь речных вод в приглубую зону проходил через восточную часть отмелой зоны, а в 2001 г. – через западную). Очевидно, что отношение «В/З» (в 2000 г.) или «З/В» (в 2001 г.) характеризует степень осаждения металлов по пути следования речных вод, в связи с чем его можно назвать коэффициентом накопления.

На диаграмме хорошо видна обратно пропорциональная зависимость между коэффициентами накопления и переноса тяжелых металлов в мелководной зоне. Согласно этой зависимости, чем больше металла осаждается по пути движения речных вод, тем меньше его выносятся в приглубое взморье и, наоборот, чем больше металла выносятся в приглубое взморье, тем меньше его выпадает в осадок из потока речных вод. Так, благодаря выбранной схеме анализа данных, беспорядочное (на первый

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

взгляд) распределение ТМ в донных отложениях мелководной зоны в конечном счете оказалось яркой демонстрацией закона сохранения вещества.

Как следует из полученных данных, самоочищающая способность отмелой зоны в 2000 г. была значительно ниже, чем в следующем году. Только три из восьми металлов, а именно Pb, Cu и Ni, в 2000 г. аккумулировались в отмелой зоне, а остальные выносились из нее в приглубую зону, что хорошо видно на примере распределения концентрации цинка в донных отложениях (рис. 1.18).

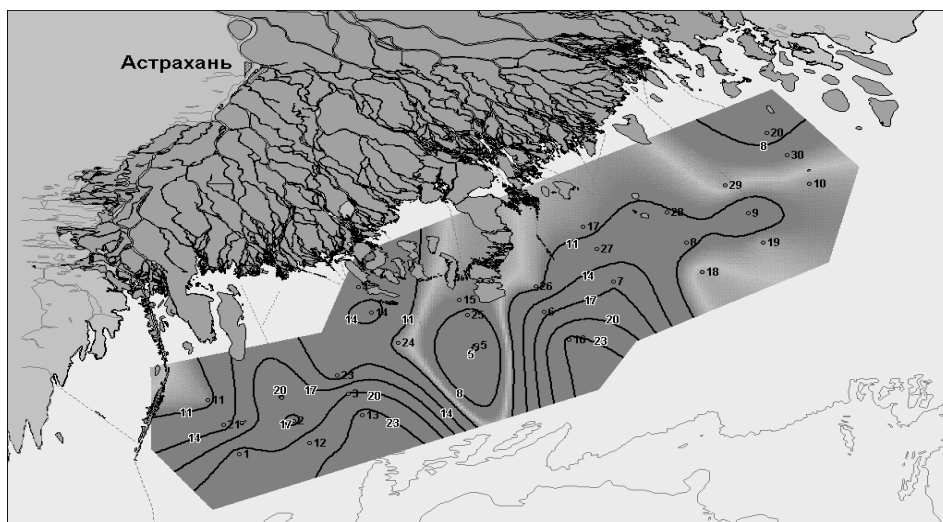


Рис. 1.18 Пространственное распределение содержания цинка (мг/кг) в донных отложениях, август 2000 г.

В 2001 г. у всех металлов отношение их концентрации в осадках приглубой зоны к концентрации в осадках отмелой зоны было меньше единицы. Причиной тому может быть не только аккумуляция металлов в отмелой зоне, но и активизация их переноса из приглубой зоны по бороздинам Северного Каспия далее в среднюю часть моря, для иллюстрации чего нами также выбрано распределение концентрации цинка в донных отложениях (рис. 1.19). У всех металлов отношение их концентрации в осадках приглубой зоны к концентрации в осадках отмелой зоны в 2001 г. оказалось ниже, чем в предыдущем году. Исключением был только свинец, в отношении которого эффективность «очистения» снизилась, и никель, в отношении которого она не изменилась.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

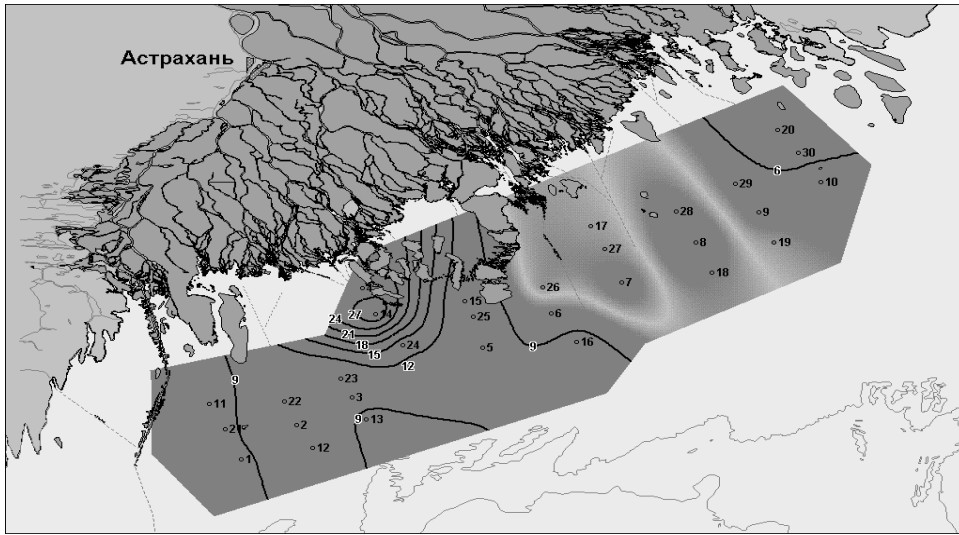


Рис. 1.19 Пространственное распределение содержания цинка (мг/кг) в донных отложениях, сентябрь 2001 г.

Можно предположить, что на поведение этих металлов в мелководной зоне влияют биохимические процессы, то есть им больше присуща биогенная миграция в составе «живого вещества». При высоком уровне первичной продукции, как это было в 2001 г., эти металлы легче переносятся из отмелей в приглубую зону (рис. 1.20 и 1.21).

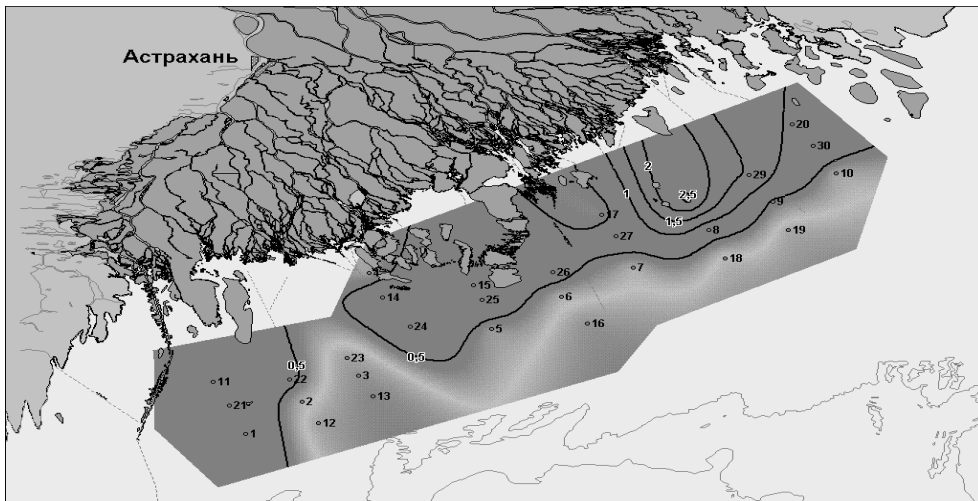


Рис. 1.20 Пространственное распределение содержания свинца (мг/кг) в донных отложениях, август 2000 г.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

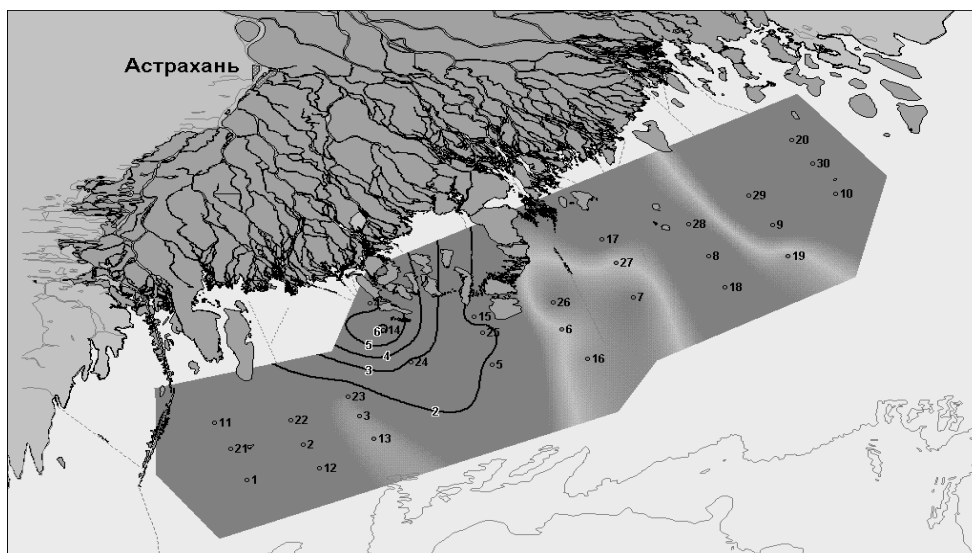


Рис. 1.21 Пространственное распределение содержания свинца (мг/кг) в донных отложениях, сентябрь 2001 г.

Оценка качества вод мелководной зоны проводилась в соответствии с «Временными методическими указаниями по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» Госкомгидромета (1986) на основе рассчитанных индексов загрязнения вод (ИЗВ). Результаты расчетов приведены в табл. 1.42.

Таблица 1.42

**Индекс загрязнения (ИЗВ) и оценка качества вод (ОЗВ) мелководной зоны
устьевого взморья Волги по данным экспедиционных исследований**

Показатель	Западная часть взморья				Восточная часть взморья			
	Отмелая зона		Приглубая зона		Отмелая зона		Приглубая зона	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
ИЗВ	1,84	0,63	1,41	0,70	1,81	0,52	1,80	0,60
ОЗВ	Грязная	Чистая	Загрязненная	Чистая	Грязная	Чистая	Грязная	Чистая

В 2000 г., отличавшемся повышенным стоком загрязняющих веществ (нефтяных углеводородов, СПАВ, цинка), воды мелководной зоны устьевого взморья Волги в целом оценивались, как «грязные». В следующем году в связи с уменьшением стока нефтяных углеводородов и цинка в три раза (концентрация НУ и Zn учитывалась при расчете ИЗВ) воды мел-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ководной стали оцениваться, как «чистые». Обращает на себя внимания связь пространственной изменчивости качества вод с направлением распространения речных вод. В 2000 г. струя речных вод отклонялась к востоку и, соответственно, «грязными» были воды отмелой зоны в целом и восточной части приглубой зоны, тогда как воды западной части приглубой зоны, отличавшиеся наибольшей минерализацией, оценивались, как «загрязненные». В 2001 г. несмотря на то, что во всех районах мелководной зоны воды были «чистыми», повышенные значения ИЗВ также были зафиксированы в струе распространения речных вод, которая отклонялась к западу (в западной части мелководной зоны ИЗВ был выше, чем в восточной).

Результаты анализа состояния загрязненности водной среды и качества вод мелководной зоны в 2000 и 2001 гг. указывают, что их временная изменчивость в основном определяется поступлением загрязняющих веществ с речным стоком. Существенное влияние на пространственную изменчивость уровня загрязненности и качества вод оказывают процессы переноса и накопления загрязняющих веществ в мелководной зоне, зависящие от гидрометеорологических условий. Накопление ЗВ в донных отложениях происходит вдоль пути их переноса с течениями, что указывает на миграцию загрязняющих веществ в взвешенной форме. Условия, благоприятствующие взмучиванию донных отложений, одновременно способствуют переносу загрязняющих веществ из отмелой в приглубую часть мелководной зоны. Межгодовые изменения качества вод отличаются широким размахом (от «чистых» до «грязных»). Судя по полученным данным, этому способствует наличие у дельты Волги определенной самоочищающей способности. Воды мелководной зоны становятся «чистыми», когда загрязняющие вещества, поступающие в вершину дельты, полностью аккумулируются в ее водотоках и водоемах. Резкое ухудшение качества вод мелководной зоны происходит в случае, когда сток загрязняющих веществ в вершине дельты превышает ее ассимиляционную емкость.

1.6.3 Влияние стока загрязняющих веществ на урожайность воблы и леща в дельте Волги

Данный раздел работы посвящен анализу многолетней изменчивости стока загрязняющих веществ в вершине дельты Волги и ее влиянию на урожайность воблы и леща. Здесь используются результаты предыдущего

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

раздела, в котором было показано, что межгодовые изменения загрязненности и качества вод в мелководной зоне устьевого взморья, являющейся местом обитания сеголетков воблы и леща, определяются изменениями стока загрязняющих веществ в вершине дельты Волги.

За 25-летний период инструментальных наблюдений (1977-2001 гг.) сток загрязняющих веществ в вершине дельты Волги (в/п Верхнее Лебяжье) был подвержен достаточно большим колебаниям, укладываемым в один порядок величин (табл. 1.43).

Таблица 1.43

Статистические характеристики многолетней изменчивости стока загрязняющих веществ в вершине дельты Волги за период 1977-2001 гг.

Загрязняющие вещества, тыс. тонн	Среднее	Макс.	Мин.	Станд. ошибка	Коэфф. вариации
НУ	70,4	161,0	17,0	41,4	58,8
Фенолы	0,77	1,91	0,22	0,44	57,2
СПАВ	5,4	12,8	2,2	3,0	55,6
Цинк	6,2	15,8	0,2	4,2	68,0
Медь	2,6	14,1	1,1	2,5	98,1

В этот период коэффициенты вариации стока цинка и меди были выше, чем стока органических загрязняющих веществ (нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ). Однако, на графиках, иллюстрирующих, многолетнюю изменчивость стока загрязняющих веществ (рис. 1.22), хорошо видно, что значительные (превышающие стандартную ошибку) отклонения годовых значений стока от среднего многолетнего значения у цинка и меди наблюдаются реже, чем у органических загрязняющих веществ.

Исходя из временной изменчивости стока меди и цинка, можно предполагать, что его формирование на р. Волге происходит за счет редких и мощных («залповых») сбросов, сочетающихся с относительно постоянной фоновой составляющей. В формировании стока органических загрязняющих веществ, по-видимому, принимают участие более частые и равные по мощности источники загрязнения. Это предположение подтверждается данными, полученными в 1999 г. при проведении экспедиции на р. Волге от Нижнего Новгорода до Астрахани на судне «Экопатруль-2» (Гуральник и др. 2000).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

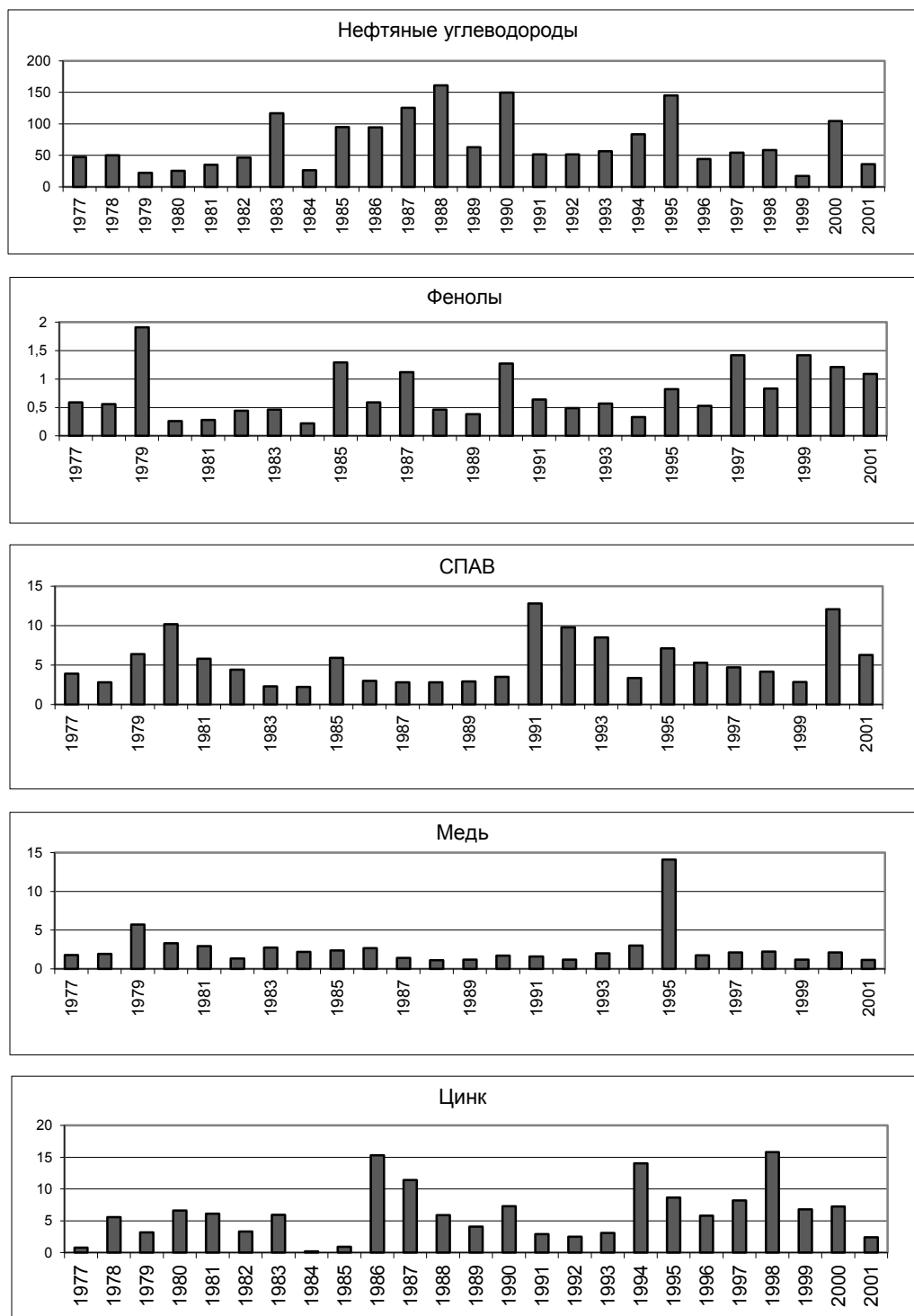


Рис. 1.22 Изменения стока загрязняющих веществ (тыс. тонн) в вершине дельты Волги (с. Верхнее Лебяжье) в 1977-2001 гг.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Данные экспедиционных исследований (табл. 1.44) свидетельствуют, что в июне 1999 г. средняя концентрация нефтяных углеводородов, фенолов, цинка и меди превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Ниже ПДК было только содержание СПАВ в речной воде. Размах пространственной изменчивости концентрации большинства загрязняющих веществ в речной воде так же, как временной изменчивости их стока, укладывался в один порядок величин.

Таблица 1.44

Статистические характеристики пространственной изменчивости концентрации загрязняющих веществ (мг/л) в воде р. Волги в 1999 г.

Загрязняющие вещества	Среднее	Макс.	Мин.	Станд. ошибка	Кoeff. вариации
НУ	0,073	0,251	0,017	0,054	73,4
Фенолы	0,002	0,021	0	0,004	200,0
СПАВ	0,030	0,129	0	0,031	103,3
Цинк	0,033	0,201	0,018	0,022	66,7
Медь	0,009	0,090	0,002	0,011	122,2

На графиках, характеризующих изменение концентрации загрязняющих веществ в речной воде по маршруту экспедиции (рис. 1.23), видно, что цинку и меди свойственно редкое локальное загрязнение, в местах которого концентрация металлов значительно выше, чем на других участках реки. Источники поступления органических загрязняющих веществ в реку более широко распространены и сравнимы по своему вкладу в загрязнение реки.

Таким образом, из анализа пространственно-временной изменчивости загрязненности вод р. Волги следует, что сток нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ формируется за счет многочисленных источников, благодаря чему ему свойственны частые, но относительно слабые отклонения от среднего значения. Сток меди и цинка формируется за счет малочисленных источников, при этом его редкие, но относительно сильные отклонения от фонового уровня, вероятно, возникают при сложении их действия друг с другом.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

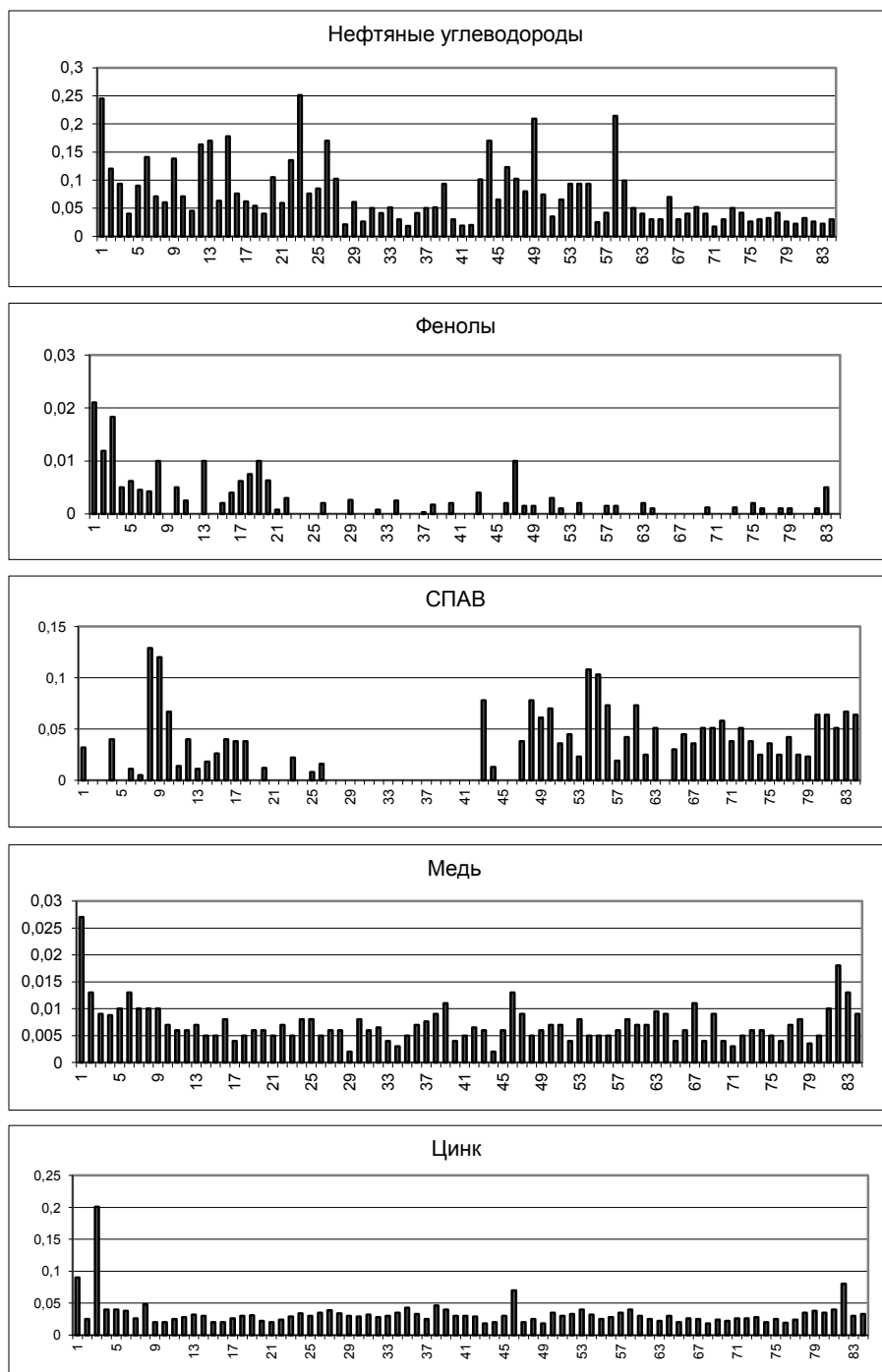


Рис. 1.23 Изменение концентраций загрязняющих веществ в волжской воде по маршруту экспедиции 1999 г.: 1. – г. Правдинск; 17. – г. Новочекбоксарск; 26 – г. Самара; 40. – нижний бьеф Саратовской ГЭС; 70 – нижний бьеф Волгоградской ГЭС; 84 – с. Верхнее Лебяжье

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Анализ изменений урожайности рыб, объема половодья и стока загрязняющих веществ в 2000-2001 гг. (табл. 1.45), когда была установлена зависимость межгодовых изменений качества воды мелководной зоны от поступления загрязняющих веществ в вершину дельты, показывает, что повышение урожайности воблы и леща в 2001 г. по сравнению с 2000 г. было обусловлено относительно благоприятными гидрологическими условиями. Однако фактическая урожайность воблы и леща в 2001 г. оказалась почти в два раза выше расчетной (по формулам 9 и 11, см. табл. 1.23). Причиной этого могло быть улучшение качества воды в мелководной зоне, обусловленное уменьшением стока загрязняющих веществ в 2001 г. по сравнению с 2000 г.

Таблица 1.45

Гидрологические условия, урожайность воблы и леща и сток загрязняющих веществ в дельте Волги в 2000-2001 гг.

Год	Сток в половодье, км ³	Сток загрязняющих веществ, тыс. тонн					Урожайность воблы, экз/час		Урожайность леща, экз/час	
		НУ	Фенолы	СПАВ	Zn	Cu	Факт	Расчет	Факт	Расчет
2000	108,5	104,6	1,2	12,1	7,2	2,1	350	245	72	73
2001	133,8	36,4	1,1	6,3	2,4	1,2	802	447	263	148

В связи с вышеизложенным было выдвинуто предположение, что отклонения фактической урожайности рыб от расчетной обусловлены изменениями стока загрязняющих веществ. Эти отклонения далее называются аномалиями урожайности рыб, учитывая что изменения последней, как было показано ранее, в основном определяются изменениями гидрологических условий. Предполагалось также, что связь аномалий урожайности рыб со стоком загрязняющих веществ должна проявляться в отдельных диапазонах стока, когда ослабевает действие других лимитирующих факторов.

С целью проверки этих предположений для периода 1977-2001 гг. были рассчитаны ежегодные аномалии урожайности воблы (ANV_{0+}) и леща (ANL_{0+}). Затем временные ряды аномалий урожайности и стока загрязняющих веществ были ранжированы по объему половодья. Ранжированные ряды аномалий урожайности и стока загрязняющих веществ стали предметом парного корреляционного анализа с использованием скользящих по 11-летиям парных коэффициентов линейной корреляции. В результате этого анализа была выявлена отрицательная связь аномалий урожайности

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

сти воблы со стоком цинка и урожайности леща со стоком нефтяных углеводородов. При этом, как и предполагалось, эта связь была обнаружена лишь при определенных гидрологических условиях: у воблы при среднем объеме поводья, равном 99-106 км³; у леща – при среднем объеме половодья, равном 115-121 км³ (рис. 1.24).

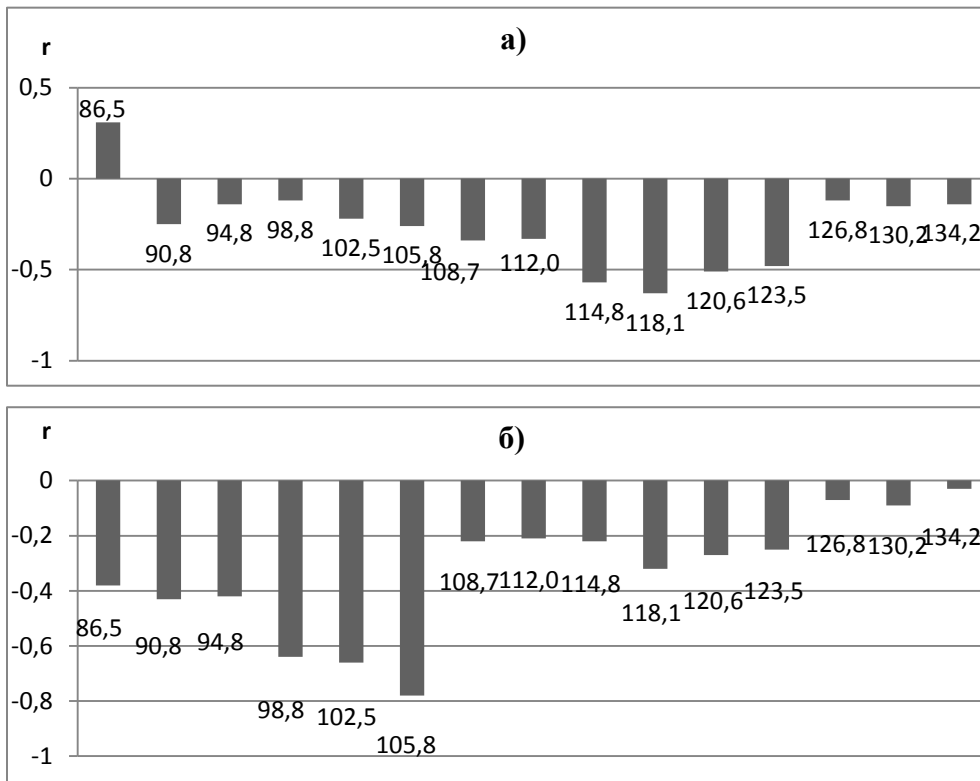


Рис. 1.24 Коэффициент корреляции аномалий урожайности леща со стоком нефтяных углеводородов (а) и аномалий урожайности воблы со стоком цинка (б) при различном объеме половодья (на рисунке указан цифрами)

Очевидно, что аномалии урожайности рыб, возникающие при менее и более благоприятных гидрологических условиях, объясняются действием других факторов.

Установленные корреляции стали поводом для определения уравнений линейной регрессии, характеризующих зависимость аномалий урожайности рыб от стока загрязняющих веществ (табл. 1.46 и 1.47). Из полученных уравнений и показателей урожайности рыб, свойственных данным гидрологическим условиям, следует, что при увеличении стока цинка на 1

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

тыс. тонн урожайность воблы снижается примерно на 10%, а урожайность леща снижается на такую же величину при увеличении стока нефтяных углеводородов на 10 тыс. тонн.

Таблица 1.46

Характеристика зависимости аномалий урожайности воблы от стока цинка в дельте Волги

Сток половодья, км ³	Сток цинка (P ₁), тыс.тонн	Урожайность воблы, экз/час	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
98,8	5,8	199	$ANV_{0+} = 136,9 - 25,2P_1$	-0,64
102,4	5,6	214	$ANV_{0+} = 128,2 - 23,4P_1$	-0,66
105,8	6,4	214	$ANV_{0+} = 126,9 - 22,8P_1$	-0,78

Таблица 1.47

Характеристика зависимости аномалий урожайности леща от стока НУ в дельте Волги

Сток половодья, км ³	Сток НУ (P ₂), тыс. тонн	Урожайность леща, экз/час	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
114,8	77,5	80	$ANL_{0+} = 53,4 - 0,7P_2$	-0,57
118,1	66,1	103	$ANL_{0+} = 88,6 - 1,2P_2$	-0,63
120,6	67,9	111	$ANL_{0+} = 70,8 - 0,8P_2$	-0,51

Установленная зависимость урожайности воблы и леща от стока загрязняющих веществ носит сложный характер. Во-первых, она не проявляется в годы экстремальные по гидрологическим условиям (крайне маловодные и многоводные). Во-вторых, она выражается не в изменениях средней урожайности рыб, величина которой определяется гидрологическими условиями, а в отклонениях фактической урожайности от средней величины, т.е. в аномалиях урожайности. Сложность установленной зависимости урожайности воблы и леща от стока загрязняющих веществ не умаляет ее практической ценности, поскольку имеет количественное выражение, позволяющее использовать ее для оценки ущерба рыбным запасам, наносимого загрязнением речных вод.

Глава 2. Состояние зообентоса западной части Северного Каспия на первом этапе освоения нефтегазовых месторождений

2.1 Влияние природных и антропогенных факторов на состояние среды обитания зообентоса западной части Северного Каспия

2.1.1 Донный фаунистический комплекс Северного Каспия, история исследования и современное состояние

Первые данные по биологии Каспийского моря представлены в знаменитых трудах П.С. Палласа и С.Г. Гмелина, К.Ф. Бэра и О.А. Грима. Фаунистические исследования южных морей в XIX в. позволили В. К. Совинскому к началу XX в. составить общий список фауны Понто-Каспийско-Аральского бассейна и дать ее зоогеографическую оценку. В фауне Каспия В.К. Совинский указал 245 видов и на основании зоогеографического анализа выделил четыре группы видов: автохтонные, средиземноморские, арктические и пресноводные (Каспийское море, 1985).

Л. А. Зенкевич (1951, 1963) установил, что из 476 свободноживущих представителей каспийской фауны 66% видов принадлежали автохтонному комплексу, 14 видов (3%) – к арктическому комплексу, к средиземноморской фауне относилось 4,4% (21 вид), и 26,6% – пресноводные по генезису виды, которые приспособились к обитанию в солоноватой воде Каспия.

Последующие фаунистические исследования дополнили списки видов отдельных систематических групп населения Каспия, не изменив общего представления о разнородности источников формирования его фауны. Наиболее характерной ее особенностью является преобладание видов автохтонной (реликтовой) солоноватоводной фауны, немногие представители которой сохранились только в опресненных районах Азовского и Черного морей и частично в Аральском море.

Л.А. Зенкевичем подчеркнута согласованность в распределении каспийского бентоса по глубинам с выделенными С.В. Бруевичем вертикальными гидрохимическими зонами. Обилие бентоса на глубине до 25-50 м соответствует богатству планктона и хорошей аэрации в фотосинтетиче-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ской подзоне. Глубже 50 м биомасса понижается и у нижней границы нитритной подзоны (около 100 м) составляет не более 10% количества бентоса в зонах максимального развития.

Вопросы изменения количества и состава бентоса Каспия привлекали внимание многих исследователей (Бирштейн, 1945; Саенкова, 1951, 1956, 1959; Виноградов, 1959а, б, в; Карпевич, 1952б; Осадчих, 1963а, б, 1967, 1971, 1985; Романова, 1960, 1979, 1985; Шорыгин, 1945, 1955; Романова и Осадчих, 1965, 1997; Яблонская и Осадчих, 1973). Особенно усилился интерес к этим проблемам в связи с наблюдавшимся резким уменьшением биомассы бентоса и изменением состава донных биоценозов в 1935-1940 гг. в период падения уровня Каспия.

Я.А. Бирштейн (1945) полагал, что эти изменения вызваны ухудшением газового режима, а А.А. Шорыгин (1945) и А.Ф. Карпевич (1947, 1952б) считали их результатом осолонения Северного Каспия. Последняя точка зрения была убедительно подтверждена экспериментальным изучением отношения двустворчатых моллюсков и некоторых других донных беспозвоночных к солености среды. Последующие наблюдения выдвинули соленость в разряд ведущих факторов, влияющих на развитие донных беспозвоночных различных фаунистических комплексов.

Изучение питания донных беспозвоночных и распределения пищевого материала для них подчеркнуло важную роль трофического фактора в многолетних изменениях биомассы бентоса в целом и отдельных его экологических групп (Романова, 1963; Яблонская, 1952, 1969, 1971б, 1975, 1976; Биологическая продуктивность..., 1975). В этих работах показано, что сложившийся трофический облик донного населения Каспия характеризуется большей устойчивостью по сравнению с изменениями видового состава, поскольку трофическая структура бентоса формируется под воздействием таких относительно мало изменчивых физико-географических факторов, как морфология водоема и динамика вод.

Первые исследователи Каспийского моря придавали большое значение в формировании биологической продуктивности этого водоема аллохтонному детриту, т.е. остаткам животных и растений в разной стадии деструкции, которые речными водами выносятся в море с территории водосбора (Бэр, 1961). Е.А. Яблонская (1969, 1976) предположила, что аллохтонный детрит наряду с остатками морских макрофитов является удобрением и играет определенную запасную и буферную роль.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Возможные изменения в экосистеме Каспия в связи с уменьшением стока в него пресных вод и изменением самого характера этого стока впервые были рассмотрены А.А. Шорыгиным (1952). В середине 50-х годов группой гидробиологов КаспНИРХ под руководством Л.Г. Виноградова (1959б) была сделана попытка обобщить накопленные материалы по зоопланктону и бентосу Каспийского моря с целью составления прогноза изменения продуктивности Каспия под влиянием зарегулирования стока рек.

Л.Г. Виноградов (1959в, 1960) попытался проследить связь количественного развития видов и групп бентоса с изменениями наиболее важных и точно учитываемых элементов гидрологического режима. Удалось выяснить, что биомасса организмов солоноватоводного комплекса уменьшается в годы, характеризующиеся снижением волжского стока и повышением солености Северного Каспия.

А.Ф. Карпевич (1952б), проанализировав отношение к солености среды, предположила, что при падении уровня моря количество планктона и бентоса сократится соответственно сокращению площади и объема моря, осолонение Северного Каспия затронет в основном кормовую базу, молоди рыб и воблы.

Первые попытки количественно оценить воздействие изменений параметров абиотической среды на уровень биологической продуктивности отдельных видов и сообществ организмов Каспийского моря были сделаны Н. И. Винецкой (1962, 1965, 1966а, б) и Л. Г. Виноградовым (1959а-в, 1960, 1963).

Используя метод парной корреляции, Н.И. Винецкая установила наличие прямой связи с высоким коэффициентом положительной корреляции между выносом Волгой фосфатов в весеннее половодье и величиной первичной продукции западной глубоководной зоны Северного Каспия и вывела уравнение регрессии, позволяющее рассчитывать первичную продукцию в этой зоне моря для заданной или наблюдаемой величины сброса фосфатов (Винецкая, 1961, 1965, 1966а). Позднее наличие этой связи было подтверждено при использовании данных более длинного ряда лет наблюдений (Кормовая база..., 1975).

Л. Г. Виноградов (1959 а, в) получил высокие коэффициенты корреляции между количественным развитием биомассы комплексов северокаспийского бентоса и определяющими это развитие элементами гидрологического режима (годовой ход уровня моря, соленость, сток Волги). Позднее, при использовании наблюдений за более длинный ряд лет под-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

твердилось существование обратной количественной связи между соленостью Северного Каспия и биомассой солоноватоводных моллюсков и прямой связи для организмов морского комплекса (Яблонская, Осадчих, 1973; Яблонская, 1975; Яблонская, Зайцев, 1979). Графический анализ зависимости многолетней изменчивости биомассы солоноватоводных моллюсков (адакны, модакны, дрейссены) от двух переменных величин – солености и первичной продукции – позволил выявить оптимальные условия их количественного развития (Яблонская, 1975).

Н.А. Тимофеев (1971, 1972, 1973) также использовал корреляционный и регрессионный анализ для численной оценки тесноты связи различных характеристик среды с величиной первичной продукции, биомассы фито- и зоопланктона, зообентоса. Наиболее значимыми для ежегодных и многолетних изменений, рассмотренных Н.А. Тимофеевым элементов биологического режима Северного Каспия, оказались следующие: сток Волги в половодье, продолжительность зимы, соленость и биогенный сток Волги в половодье. Таким образом, подтвердилось отмеченное многими биологами первостепенное значение величины и режима стока Волги в половодье для формирования биологической продуктивности Северного Каспия, а также, что биологическая продуктивность Северного Каспия в значительной степени есть функция речного стока, ведущими факторами формирования которой являются солевой и трофический режимы.

Описание новых видов моллюсков, ракообразных и червей позволило уточнить приведенный Л.А. Зенкевичем (1963) список свободноживущих донных беспозвоночных Каспийского моря (Каспийское море, 1985).

Практическая значимость Каспия, по крайней мере, до недавнего прошлого определялась его рыбными запасами: здесь добывали и продолжают добывать многие виды рыб – кильку, сельдь, леща, воблу.

Однако главная ценность – осетровые, запасы которых составляли до 90% мировых запасов. СССР, а затем Россия, были основными поставщиками этих ценнейших рыб. Каспий вместе с впадающими в него реками – крупнейший центр, где сохранились эти древнейшие рыбы и велико их видовое разнообразие.

Все виды осетровых в первые годы их жизни питаются донными ракообразными и червями, а осетр и севрюга – и во взрослом состоянии. Именно поэтому гидробиологические исследования Каспия в значительной степени были посвящены проблемам, связанными с этими ценными

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

видами рыб, и изучение бентоса проводилось главным образом как определение кормовой базы осетровых.

Выявленные при изучении питания высокая пищевая пластичность и активность осетра, белуги, севрюги, способность обитать в водах широкого диапазона солености, исключительная ценность мяса и икры осетровых – все это убеждало, что превращение будущего Каспия в море преимущественно осетровое обеспечит полное и рациональное использование кормовой базы моря (Шорыгин, 1952).

Поэтому при поиске видов для акклиматизации выбор пал на любимые пищевые объекты осетра и севрюги Азово-Черноморского бассейна – кольчатого многощетинкового червя nereis и двустворчатого моллюска абру, обладающих высоким содержанием основных питательных веществ и большей, чем многие каспийские аборигены, калорийностью.

Последующие исследования подтвердили правильность выбора этих форм, которые отвечали всем необходимым условиям удачной акклиматизации. Перевозка nereis (61 000 экз.) и абры (1800 экз.) из Азовского в Каспийское море была осуществлена в 1939 г. Пересадка абры (синдесмии) была повторена в 1947 и 1948 гг. (Каспийское море, 1985).

Впервые nereis был обнаружен в желудках осетров, выловленных у о-ва Чечень осенью 1944 г., а абра – только в 1955 г. А.К. Саенковой (1956б) вблизи о-ва Кулалы. Специальные гидробиологические съемки Северного Каспия в 1948-1949 гг. показали положительный эффект этого мероприятия. Nereis в Северном Каспии заселил южную часть зоны мягких грунтов с соленостью от 4-5 ‰ и выше, образовал дополнительную кормовую биомассу около 170 тыс. т, прочно вошел в рационы осетра и севрюги как главный пищевой объект, разрядив напряженность пищевой конкуренции между бентосоядными рыбами.

Гидробиологическая съемка Среднего и Южного Каспия летом 1956 г. показала широкое распространение nereis на мягких грунтах прибрежной области этих частей моря (Романова, 1960). Такая же съемка 1962 г. и последующие съемки позволили оконтурить ареал nereis и абры в пределах Каспийского моря и оценить их суммарную биомассу в 1962 г. в размере около 4 млн. т (Романова, Осадчих, 1965; Кормовая база..., 1975), выяснить, что эти вселенцы в большинстве районов моря составляли около половины рациона осетра и севрюги.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Стихийно проникли в Каспий еще 9 видов беспозвоночных (Зенкевич, Зевина, 1969). Однако большинство случайных вселенцев (кроме краба и креветки) не используются рыбами и являются формами бесполезными или вредными. Так, в 1955 г. в Каспийском море появились морские желуди (*V. improvisus* и *V. eburneus*). Они переселились из Черного и Азовского морей на днищах судов, прошедших по Волго-Донскому каналу, и сумели пережить воздействие пресной воды.

За 1935-1976 гг. список видов обитающих в Каспийском море донных животных увеличился на 115 видов. Увеличение списка видов автохтонных беспозвоночных объясняется повышенным научным интересом к малоизученным группам и более совершенной методикой систематической обработки бентосного материала. Кроме того, в Каспийском море появились новые виды, вселение которых было или случайным (митилястер и два вида креветок) или в результате сознательной интродукции (абра, нереис) (Каспийское море, 1985).

Уникальна фауна Каспия, сформированная в условиях длительной изоляции в основном из морских видов и состоящая на 46% из эндемиков Каспия, а еще 20% видов встречаются только в Понто-Каспийском регионе (Зенкевич, 1963).

В Северном Каспии найдено около 240 видов донных животных (Каспийское море, 1985; Касымов, 1987). По числу видов в зообентосе преобладают простейшие, нематоды, высшие ракообразные и моллюски. Главными фаунистическими группами бентоса в исследуемом районе являются: Polychaeta, Crustacea (отряды Amphipoda и Cumacea), Bivalvia, Gastropoda (табл. 2.1), имеющие высокую биомассу, численность и частоту встречаемости.

Для фауны Каспийского моря в целом и для донной фауны в частности характерен высокий процент эндемичных видов и родов (41%), в основном среди ракообразных и моллюсков, что свидетельствует о древности фауны этого водоема.

Характерная особенность солоноватоводной реликтовой каспийской фауны – небольшой размах солености, при которой она может существовать. Экспериментальные исследования и натурные наблюдения (Карпинский, 2002) показали неспособность каспийских видов переносить высокую соленость воды, особенно заметную при сравнении этих свойств у средиземноморских иммигрантов. Поэтому наиболее осолоненные районы моря обильно населены эвригалинными морскими вселенцами.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 2.1

Основные фаунистические группы бентоса Северного Каспия

№	Наименование таксономической группы	Количество видов в Северном Каспии
1	Тип Cnidaria (=Coelenterata) – кишечнополостные	5
2	Тип Plathelminthes – плоские черви	1
3	Тип Nemertini -немертины	1
4	Тип Nemathelminthes – круглые черви	52
5	Тип Annelida – кольчатые черви	34
6	Тип Arthropoda – членистоногие	127
7	Тип Tentaculata	1
8	Тип Entoprocta	1
9	Тип Mollusca – моллюски	18

Каспийские реликты возникли и формировались в водах с соленостью около 5-10‰. Позже одни виды заняли более опресненные зоны и стали проникать в пресные воды, а другие приспособились к разным солевым уровням в море. В потенциале почти все виды этой фауны сохранили свойство переносить, хотя и кратковременно, повышение солености до 17‰. Поэтому беспозвоночные каспийского комплекса способны проявлять адаптации в пределах солености 0-17‰ (в каспийской воде), но каждый имеет специфический солевой диапазон.

До начала падения уровня Каспийского моря в 1930-х гг. соленость вод почти на всей акватории Северного Каспия была благоприятной (менее 9‰) для обитания пресноводной и автохтонной солоноватоводной фауны. Донные беспозвоночные группы прибрежных слабосоленатоводных и солоноватоводных форм составляли в 1935 г. основную массу бентоса. Быстрое понижение уровня моря, обсыхание больших акваторий Северного Каспия и осолонение его вод вызвали перестройку сообществ донной фауны и обусловили понижение биомассы бентоса (Гидрометеорология и гидрохимия морей, 1996).

Общая биомасса донных беспозвоночных от 1935 до 1938-1940 гг. уменьшилась в 4 раза, а биомасса солоноватоводных моллюсков – почти в 10 раз. В дальнейшем (1947-1956 гг.) с увеличением водности и понижением солености вод Северного Каспия происходило восстановление уровня количественного развития солоноватоводных и прибрежных форм. Однако

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

солонатоводные моллюски (дрейсена, гипанис, дидакна) никогда уже не создавали такой биомассы, как до падения уровня моря.

Для бентоса Северного Каспия при зарегулированном стоке стало характерным преобладание биомассы морских форм, особенно вселенцев, над местными солонатоводными и пресноводными видами. Для северокаспийского бентоса периода зарегулированного стока Волги характерно также увеличение биомассы пресноводных донных беспозвоночных (олигохеты, пиявки, брюхоногие моллюски) в группе прибрежных и слабосолонатоводных форм.

Таким образом, после понижения уровня моря и зарегулирования волжского стока в бентосе Северного Каспия менее интенсивно стали развиваться моллюски солонатоводного комплекса, характерные для районов распространения северокаспийской водной массы. Это обусловлено как повышением солености вод Северного Каспия, так и менее интенсивным развитием солонатоводных форм фитопланктона – пищи моллюсков-фильтраторов.

Под влиянием уменьшения продукции фитопланктона и повышения солености вод Северного Каспия произошло снижение биомассы солонатоводных моллюсков – сестонофагов. Биомасса детритофагов – обитателей мелководного побережья – после зарегулирования стока Волги повысилась в связи с улучшением газового режима этих районов. После акклиматизации абры и нерейса, количество детритофагов средиземноморского комплекса увеличилось при благоприятных для них солевых и трофических условиях. Дальнейшее уменьшение стока рек Волги и Урала и падение уровня моря вызовет ухудшение условий обитания донных организмов (сестонофагов и детритофагов), формирующих кормовую базу воблы, леща и молоди осетровых.

В период летнего нагула в Северном Каспии кормятся бентосоядные рыбы, из которых наиболее многочисленны лещ, вобла, бычки, осетровые. При этом имеет место значительное совпадение состава пищи молоди осетра, севрюги, воблы, леща (сеголетки и годовики), а также бычков (Яблонская, 1985). Вид *Nereis diversicolor* – самый потребляемый из полихет (многощетинковых кольцецов). Вобла, бычок-кругляк и осетровые потребляют его на протяжении всей своей жизни, также его потребителем является взрослый лещ, сеголетки бычка-песочника и бычка-цуцика. Остальные полихеты, такие, например, как *Nuaniola kowalewskii* и *Manayunkia caspica*, потребляются сеголетками и годовиками воблы, сего-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

летками бычков, лещом всех возрастов, а также молодь осетра. Взрослые севрюга и белуга также потребляют полихет.

Мизиды служат ценным кормом для сеголеток судака, молоди воблы, годовикам леща, бычкам и килькам, а также сеголеткам и молоди осетровых. Ракообразные отряда Cumacea являются кормом для воблы, леща любого возраста, кильки обыкновенной, сеголеток и молоди осетра и севрюги. Бычок-кругляк предпочитает употреблять в пищу *Stenocuma graciloides* и *Schizorhynchus Bilammellat*, бычок-цуцик предпочитает *Pterocuma rectinata*. Кумовые ракообразные употребляются бычками всех возрастов. Те же потребители и у ракообразных отряда Amphipoda и семейства Corophiidae, только к потребителям отряда Amphipoda присоединяются сеголетки и молодь белуги. Личинки Chironomidae потребляется как лещем, воблой, бычками всех возрастов, так и осетровыми: молодь и сеголетками осетра, молодь и взрослыми особями севрюги и белуги.

Несмотря на многообразие видов моллюсков, обитающих в западной части Северного Каспия, кормовую ценность имеют немногие. Потребителями *Hypanis anqusticostata* и *Hypanis vitrea* являются сеголетки и взрослые особи воблы, осетровых, сеголетки бычковых, лещ любого возраста. Те же потребители и у *Hypanis albida*, за исключением молоди леща. *Abra ovata* является ценным кормом для воблы, бычка-кругляка, а также молоди и взрослых особей осетровых видов.

К настоящему времени видовой состав и количественное распределение бентоса описаны достаточно подробно и отмечено несколько особенностей донных сообществ Каспия, повторяющихся со времен первых съемок, 30-х годов. Это относительно малые размеры донных организмов и низкая биомасса бентоса, незаполненность некоторых биотопов и экологических ниш (что и послужило в свое время обоснованием акклиматизации новых кормовых организмов), очень высокая, даже по сравнению с одним из самых продуктивных, Азовским морем, рыбная продукция на условную единицу кормового бентоса, резкое снижение биомассы, численности, видовой разнообразия на глубинах 60-100 м.

Во второй половине двадцатого столетия для донной фауны Северного Каспия было характерно снижение продуктивности, сопровождавшееся увеличением биомассы азово-черноморских вселенцев (*Nereis diversicolor*, *Abra ovata*, *Cerastoderma lamarski*, *Mytilaster lineatus*). Они достигали большого развития в юго-западной части Северного Каспия, где имеет место приток соленых вод из Среднего Каспия. В юго-восточной

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

части Северного Каспия преобладали моллюски *Mytilaster lineatus*, *Didacna barbotdemarnyi* и *Hypanis albida*. В предустьевых районах Волги на глубинах 1-2 м преобладали пресноводные виды моллюсков, составлявшие около 80% всей биомассы бентоса. В глубинных зонах Северного Каспия на границе со Средним Каспием наблюдалось повышенное развитие бентоса. И здесь по биомассе доминировали моллюски – митилястер и абра. В Северном Каспии зона распространения различных видов моллюсков расширялась к лету за счет расселения молоди нового поколения и сужалась к осени. Места наиболее массовых поселений моллюсков в течение года оставались постоянными (Карпинский, 2002).

Таким, образом, из предыдущих исследований следует, что на состояние донной фауны в двадцатом столетии особенно повлияли такие внешние факторы как колебания объема речного стока, акклиматизация полихеты *нерейс* и моллюска *абры*, произвольная интродукция моллюска *митилястера* и усоногого *рачка балянуса*. В Северном Каспии, в отличие от пелагиали Каспийского моря, продукция зообентоса превышает продукцию зоопланктона и играет основную роль в снабжении пищей ценных видов рыб (воблы, леща, осетра, севрюги и т.д.).

Начало нового века на Каспии было отмечено появлением еще одного вселенца. Уже в ноябре 1999 г. при подводных видеосъемках на банках, расположенных на границе Среднего и Южного Каспия, на двух станциях с глубинами 29-32 м (40°54' с.ш. 52°50' в.д. и 39°50' с.ш. 51°50' в.д.) при температуре 16,5-19,5°C и солености 11,8-13,1‰ были обнаружены ранее не отмеченные в Каспийском море желетельные животные, которые при последующем изучении определены как гребневик *Mnemiopsis* sp. и медуза *Amelia aurita* (Сокольский и др., 2001). Уже в 1998 г. рыбаки наблюдали желетельных животных в орудиях лова в Южном и Среднем Каспии над большими глубинами.

Исходным биотопом гребневика *мнемиопсиса* являются прибрежные воды Северной Америки – заливы, эстуарии. Однако в начале 1980-х гг. гребневик *Mnemiopsis leidyi* Agassiz был занесен в Черное море с балластными водами судов. *Мнемиопсис* хорошо адаптировался в Черном море и нанес существенный урон его экосистеме, потребляя кормовую зоопланктон, икру и личинок рыб. В результате *мнемиопсис* подорвал кормовую базу планктоноядных рыб и их запасы.

Изоляция Каспийского моря, его обедненный, по сравнению с Черным и Средиземным морями, видовой состав, а так же отсутствие хищников

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

и паразитов у гребневика на Каспии предопределили благоприятные условия для образования и развития новой популяции *Mnemiopsis leidyi*.

Благодаря этому мнemiопсис создал в Каспии новую популяцию за 2-3 года, а не через 5-6 лет, как в других бассейнах. Проникновение данного вида гребневика в замкнутое море-озеро явилось образованием нового ту-пикового звена в трофической цепи экосистемы Каспия, а также появлением нового массового вида, угрожающего существованию местным видам. Угрозой является как прямое их выедание, так и усиливающаяся пищевая конкуренция, что значительно подрывает запасы биоресурсов моря.

Сразу после появления гребневика мнemiопсиса на Каспийском море стало ясно, что объектом его непосредственного воздействия станет не только зоопланктон, но и зообентос, поскольку часть донных животных (главным образом, моллюски) проходит в своем развитии через планктонную стадию, при этом пик их размножения совпадает с периодом массового развития гребневика.

Рассматриваемый вид является активным хищником. Во время процесса питания мнemiопсис захватывает малоподвижную добычу с помощью лопастей, покрытых клейкой слизью, четырьмя короткими околоротовыми отростками – аурикулами. В отличие от медуз - микрофагов, *Mnemiopsis* является макрофагом, способен поедать относительно крупную добычу – длиной до 1 см и более (Сокольский, Камакин, 2001, 2004; Камакин, 2005). В его желудке попадались не только мелкие копеподы (веслоногие рачки), личинки донных животных, но и икра, личинки рыб длиной до 1 см.

Установлено, что из всех абиотических факторов среды обитания на популяцию мнemiопсиса в наибольшей степени влияет температура и соленость воды (Purcel et al., 2001). В Северном Каспии нижние пределы экологически валентных значений солености (<3,5‰) препятствуют дальнейшему распространению гребневиков в предустьевую зону рек Волги и Урала.

Процесс распространения гребневика по акватории Каспийского моря непосредственно связан с течениями. Благодаря парным противотечениям (Каспийское море..., 1986), мнemiопсис мигрирует на запад Северного Каспия, доходя до района распреснения Волго-Каспийского канала.

С апреля по июнь наблюдается интенсивное распространение мнemiопсиса из районов зимовки в Южном Каспии, но только к июлю первые особи гребневика достигают Северного Каспия. В годовом цикле

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

развития каспийской популяции гребневиков наблюдается только один пик развития – в августе-сентябре, о чем свидетельствует максимальная биомасса и площадь ареала обитания. В течение лета биомасса популяции увеличивается в 30-50 раз. Интенсивное размножение гребневика происходит при температуре 22,0-23,0°C. Северная граница летнего ареала каспийского мнемипсиса доходит до 45° с.ш., тогда как нативный ареал распространен до 40° с.ш.

Картина летнего распределения гребневика по ареалу такова, что в направлении с юга на север доля взрослых особей увеличивается, а интенсивность размножения падает. Кроме этого, были обнаружены еще некоторые особенности летнего распределения мнемипсиса в Каспийском море. В июле-августе на юге моря находится область максимальной численности, на севере – область максимальной биомассы популяции.

Осенние зоопланктонные съемки показали, что численность среднекаспийской части популяции мнемипсиса с 1999 по 2003 гг. возросла с 0,7 до 165 экз./м³, то есть, более чем в 200 раз (Камакин, 2005). С началом понижения температуры эвтрофного слоя моря (октябрь-ноябрь) начинается этап регрессии популяции: сокращается площадь ареала обитания, уменьшается численность и биомасса гребневика. В Северном Каспии интенсивное охлаждение мелководья приводит к полному вымиранию гребневиков, в результате чего ядро популяции смещается вдоль западного побережья на юг моря.

Такое бурное развитие негативно отразилось на биоресурсах моря и затронуло все трофические уровни, начиная с продуцентов и заканчивая консументами высшего порядка. Отрицательное воздействие мнемипсиса, прежде всего, сказалось на снижении качественного и количественного состава зообентоса, а также его видового разнообразия (Войнова и др., 2007а).

Так, по данным КаспНИРХа с 1995 по 2002 гг., в зависимости от районов, численность зоопланктона упала в 4-10 раз. В составе меропланктона (личинки донных животных, имеющие планктонную стадию) сократилась численность личинок моллюсков (Полянинова и др., 2003; Курашова и др., 2002). В 2001 г. воздействие на экосистему Каспия было значительным (Shiganova et al., 2001). Численность и биомасса зоопланктона уменьшались по мере возрастания популяции мнемипсиса. Среднесуточный улов килек на одно среднетонажное судно упал в 3 раза по сравнению с 2000 г. С началом массового развития гребневика (2001 г.), стала про-

слеживаться тенденция уменьшения биомассы бентосных организмов, имеющих личиночную планктонную стадию.

2.1.2 Методологические аспекты изучения структуры и динамики донных сообществ

Обилие видов живых существ, населяющих водоем, сложность их взаимодействия, как между собой, так и с окружающей средой, послужили причиной создания многочисленных вариантов методов оценки состояния природных вод. Большинство этих методов основано на оценке совокупности показателей: числа видов, численности и биомассы популяций, населяющих водоём и рассчитанных различных соотношений между ними. Показатели можно разделить на простые, комбинированные, комплексные.

Комбинированные и комплексные показатели принято обобщенно называть «индексами». Индексы, основанные на бентосных организмах, из-за большей продолжительности жизни представителей бентоса могут отражать экологическое состояние за более длительный интервал времени, как бы интегрируя условия существования.

До настоящего времени отсутствуют как общепринятое и скольконибудь математически строгое определение «экологического состояния водоема», так и обобщенный перечень контрольных показателей, необходимых для идентификации этого состояния. До сих пор не удается также прийти к единому мнению относительно допустимых интервалов изменения самых общепринятых индексов. Такое положение вызвано не только недостаточной изученностью механизма функционирования природных экосистем, но и противоречивостью, неоднозначностью целей у различных пользователей природных ресурсов водоемов.

Исходя из принципа приоритета первичных данных, основным результатом гидробиологического мониторинга являются три основных показателя (Шитиков и др., 2003):

- плотность **видов S** – оценка числа видов (видового разнообразия), характерная для данной точки экосистемы;
- плотность **организмов N** – численность особей каждого вида, приходящаяся на единицу размера экосистемы (m^3 , m^2 , m);
- плотность **биомассы B** – масса особей каждого вида, приходящаяся на пространственную единицу экосистемы.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Каждый из перечисленных показателей или их различные комбинации являются основой для построения многих теорий, критериев и методов оценок качества некоторой гидробиологической субстанции (либо водоемов в смысле их утилитарного водохозяйственного предназначения, либо сообществ водных организмов с целью сохранения биоразнообразия и «экологической производительности», либо и того, и другого, и чего-нибудь третьего). Значительная часть индексов и способов их использования представлена в руководствах Госкомгидромета (Руководство по методам..., 1983; Руководство по гидробиологическому..., 1992).

Популяционная и видовая плотность сообществ гидробионтов может меняться во времени в зависимости от изменений факторов среды. Это может происходить как в ходе эволюционных процессов, протекающих в течение длительного времени, так и при антропогенном эвтрофировании и загрязнении водоемов, когда процессы изменения структуры экосистем протекают с большими скоростями. Сокращается число видов, возрастает доминирование отдельных видов, для которых характерны более короткие жизненные циклы, проявляется раннее наступление половозрелости, увеличение биомассы и продукции.

Видовое разнообразие складывается из двух компонентов (Одум, 1986):

- видового богатства, или плотности видов, которое характеризуется общим числом имеющихся видов;
- выравненности, основанной на относительном обилии или другом показателе значимости вида и положении его в структуре доминирования.

Таким образом, один из главных компонентов биоразнообразия – видовое богатство или плотность видов – это просто общее число видов, которое в сравнительных целях иногда выражается как отношение числа видов к площади или числа видов к числу особей. Так, например, Р.Маргалеф, исходя из того, что число видов пропорционально логарифму изученной площади, и считая, что общее число особей пропорционально площади, предложил в качестве меры биоразнообразия индекс видового богатства Маргалефа (Маргалеф, 2002):

$$d = (s - 1) / \ln N, \quad (2.1)$$

где s – число видов, N – число особей.

Виды, входящие в состав биоценоза, очень сильно различаются по своей значимости. Традиционно принято выделение следующей иерархии

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

видов: руководящие (или «доминантные») виды; за ними следует группа «субдоминантов»; остальные же виды считаются второстепенными, среди которых отмечают случайные или редкие. Значение отдельных видов должно определяться тем, какую роль играют они в функционировании экосистемы или в продукционном процессе. Но при исследованиях водных сообществ установить истинную функциональную роль видов нелегко, если об их значении судить только по обилию, т.е. численности и биомассе.

При этом для анализа биоразнообразия и степени доминантности в разных ситуациях используют два традиционных подхода:

- сравнения, основанные на формах кривых относительного обилия или доминирования – разнообразия;
- сравнения, основанные на индексах разнообразия, представляющих собой отношения или другие математические выражения зависимости между числом видов и их значимостью.

Целенаправленные функциональные преобразования над значениями численности или биомассы в отдельности (например, логарифмирование или извлечение квадратного корня) могут несколько улучшить общую картину соотношения доминирования, поскольку модифицируют характер статистического распределения, приближая его к нормальному.

Еще один интересный вариант видится в использовании различных функциональных комбинаций из трех основополагающих показателей (встречаемость, численность, биомасса), что дает возможность получить целый класс индексов, часть из которых в рамках поставленной задачи могут оказаться состоятельными, несмещенными и эффективными оценками изучаемого явления. Примером такого обобщенного показателя является индекс плотности населения, введенный в гидробиологическую практику Л.А.Зенкевичем и В.А. Брочкой (Шитиков и др., 2003). Например, использование плотности населения дает возможность выполнить ранжирование видов по доминантности с учетом обоих факторов – численности и биомассы.

$$D_i = 100 \cdot p_i \cdot \frac{\sqrt{N_i B_i}}{\sqrt{N_s B_s}} \quad (2.2)$$

Индексы доминантности, основанные на вероятности p_i , дают возможность ранжировать виды в пределах изучаемого объекта: сравнивать разные водоемы с использованием D_i можно только в том достаточно ред-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ком случае, когда количество измерений M на каждом из них примерно одинаково.

К. Шеннон, определил **энтропию** опыта H , как среднее значение неопределенности отдельных исходов (Шитиков и др., 2003):

для случая двух опытов

$$H(a, b) = - (1/r) \log(1/r) - (1/l) \log(1/l)$$

или в общем случае произвольного опыта с k исходами, имеющими вероятности P_1, P_2, \dots, P_k

$$H = - \sum_{i=1}^k P_i \cdot \log_2 P_i \quad (2.3)$$

Энтропия (или неопределенность исхода) равна нулю, если вероятность одного из событий равна 1, и принимает максимальное значение в случае равновероятных исходов. Действительно, если известно, что в водоеме присутствует только один вид гидробионтов, то какая-либо неопределенность по его извлечению отсутствует (т.е. $H = 0$). Неопределенность в предсказании результата отлова резко возрастает, если мы имеем в водоеме k видов с одинаковой численностью. Важным для биологии свойством энтропии является то, что значительным числом исходов, суммарная вероятность которых мала, при подсчете энтропии можно пренебречь.

В 1957 г. Р. Маргалеф постулировал теоретическую концепцию, согласно которой разнообразие соответствует неопределенности (т.е. энтропии) при случайном выборе видов из сообщества. В результате этих работ большое распространение и повсеместное признание получил индекс Шеннона H , иногда называемый информационным индексом разнообразия К.Шеннона – У. Уивера (Шитиков и др., 2003).

При расчете энтропии H по Шеннону считается, что каждая проба – случайная выборка из сообщества, а соотношение видов в пробе отражает их реальное соотношение в природе. В качестве оценок вероятностей независимых событий p_i могут быть использованы следующие апостериорные отношения:

– удельная численность i -го вида, как частное от деления его численности N_i на общую численность всех видов, взятых для анализа:

$$p_i = N_i / S N_i;$$

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

– удельная биомасса i -го вида, как частное от деления его биомассы V_i на общую биомассу всех видов в пробе:

$$p_i = V_i / S V_i.$$

Чуть позже Р. Маргалев, ссылаясь на формулу Л. Больцмана для энтропии изолированных термодинамических систем, предложил другое выражение для индекса разнообразия:

$$H = \frac{1}{N} 1.443 \cdot \ln \frac{N!}{n_1! + n_2! + \dots + n_N!}, \quad (2.4)$$

где $N!$ – факториальная величина всех исследуемых видов, $n_i!$ – факториал от числа особей каждого вида.

Индекс Шеннона суммирует большое количество информации о численности и видовом составе организмов, учитывая число видов и степень их доминирования (Алимов, 2000). «Существенным достоинством индекса разнообразия является его полная независимость от биоценотического сходства сравниваемых сообществ и возможность оценки степени разнообразия каждого ценоза в отдельности» (Баканов, 1999).

Достоинство заключается в «комплексности» индекса, а недостаток – в том, что невозможно оценить по предъявленному значению, какой из этих двух факторов превалирует. Из сказанного вытекает практическое требование к корректности сравнения индексов Шеннона для различных биоценозов: размерность видового пространства сравниваемых структурных комплексов должно быть примерно одинаковой. Избежать этого можно, используя не все виды, найденные в пробе, а только некоторый "стандарт" из 10-15 преобладающих видов, составляющих приблизительно 90% общей численности или биомассы, так как именно они в конечном итоге определяют структуру и продуктивность сообщества (Баканов, 2000а).

Очень простой метод оценки разнообразия предложен Р. Макинтошем (индекс разнообразия Макинтоша):

$$H_M = \frac{S}{\left\{ \sum_{i=1}^S n_i^2 \right\}^{1/2}}, \quad (2.5)$$

где n_i – оценка значимости каждого вида i (численность или биомасса), S – общее число видов. Возведение в квадрат значимости вида, естественно, "дает преимущество" в оценке разнообразия доминирующим видам.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

А. Корбет и К. Вильямс предложили уравнение, связывающее число видов S с числом видов в биоценозе:

$$S = a * \log(1 + N / a), \quad (2.6)$$

где \log – Неперов логарифм, а параметр a предлагается как показатель разнообразия. Значение a возрастает по мере увеличения доли редких видов (с небольшой плотностью) в общем видовом пространстве биоценоза.

Последний отечественный обзор методов биологического мониторинга был сделан А.И. Бакановым (2000а), который цитирует свыше 60 методов мониторинга, включающих различные характеристики зообентоса.

В настоящее время в мировой практике отсутствует сколько-нибудь формализованная классификация индексов и критериев, рекомендуемых для решения конкретных задач гидробиологического мониторинга (Исаченко-Боме, 2005). Проблема интерпретации значений индексов часто бывает очень сложна и может привести к существенным ошибкам. Большинство индексов имеет эмпирическое происхождение. Форма зависимости величин индексов от степени загрязнения обычно бывает нелинейной (например, видовое разнообразие достигает минимальных величин как в очень чистых, так и в очень загрязненных водах).

Одним из самых распространенных математических методов, используемых для изучения структуры и динамики сообществ, является корреляционный анализ – совокупность методов обнаружения корреляционной зависимости между случайными величинами или признаками.

На основании значений матрицы $r(x_j, x_k)$ парных коэффициентов корреляций могут делаться разнообразные выводы о природе связей между явлениями, зависящие от направления исследования и изучаемой предметной области. Например, можно отобрать наиболее близкие между собой биотопы или объединить в группы виды гидробионтов, имеющих сходную экологию (точнее, сходное распределение по станциям наблюдения).

Для анализа корреляционной матрицы используется ряд эвристик. Например, Гопкинс, используя в качестве переменных фитоценоотические виды, опубликовал методику выделения групп положительно коррелируемых признаков, которые он назвал «основными единицами» (basic unit) (Ястребов, 1991). Для этого в качестве центров групп выделяются виды,

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

имеющие отрицательные сопряженности, а затем к этим центрам добавляются виды, положительно коррелируемые с ними. В дальнейшем проводится объединение двух или нескольких групп, содержащих общие виды.

Основной способ первичного анализа и визуализации корреляционной матрицы сводится к построению специальных графиков – дендрограмм или дендритов (графов «максимального корреляционного пути»). Наиболее простыми способами построения графических интерпретаций подобного типа являются метод «корреляционных плеяд» П.В. Терентьева (Терентьев, 1959; Мандель, 1988) и «вроцлавская таксономия», разработанная польскими учеными Вроцлавского математического института (Ястребов, 1991).

Алгоритм Терентьева осуществляет выделение сильно связанных групп признаков («корреляционных плеяд») и сводится к следующему. задается пороговое значение коэффициента корреляции r_0 , с помощью которого производится построение срезов корреляционного цилиндра, из которых формируется последовательность подграфов, принимаемых в качестве «плеяд». Узлами этих подграфов являются все рассматриваемые признаки, а ребрами – корреляционные связи по абсолютной величине больше r_0 . При последовательном уменьшении критического уровня, количество ребер увеличивается, плеяды становятся крупнее и начинают сливаться друг с другом. Окончательно выбирается порог r_0 , скорее отвечающий эстетическим вкусам исследователя, чем каким-то формальным правилам.

Результатом вроцлавской таксономии является полный незамкнутый корреляционный путь, который можно отобразить в виде оптимального дерева – дендрита. Он представляет собой графическую структуру, состоящую из m вершин, соединенных между собой $(m - 1)$ ребрами так, что каждая вершина соединена хотя бы с одной другой. Если длину каждого ребра ассоциировать с величиной коэффициента корреляции r_{ij} между вершинами i и j , то оптимальный дендрит имеет максимальную сумму длин соединяющих отрезков из всех возможных. Если принять во внимание, что корреляционная мера по своему смыслу обратна мере дистанции, то граф максимального корреляционного пути идентичен «минимальному дендриту», т.е. дереву минимальной протяженности (minimum spanning tree).

Построение полного дендрита начинается с выбора двух наиболее сопряженных признаков, для чего в матрице коэффициентов корреляции определяется максимальное значение r_{ij} , i, j ; признаки i и j образуют две

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

первые вершины графа. Далее в строках i и j находится следующий наиболее сопряженный признак, образующий новую третью вершину, соединенную с вершиной j . Далее ищется максимальное значение связи в строках k и j , кроме тех, что уже выбраны. Эта процедура повторяется до тех пор, пока не будут задействованы все признаки. При желании, задавшись пороговым значением r_0 , можно полученный полный граф максимального корреляционного пути разбить на подграфы (плеяды), проводя разрыв между теми признаками, которые вошли в первоначальный граф со значением сопряженности меньшим r_0 .

Алгоритм вроцлавской таксономии полностью соответствует известному в кластерном анализе методу ближайшей связи (он же – метод «одионого сцепления» по терминологии Р. Сокала и П. Снита). Это правило строит «волокнуистые» кластеры, т.е. кластеры, сцепленные вместе только отдельными элементами, случайно оказавшимися ближе остальных друг к другу.

Во флоре и фауне Северного Каспия выделяются несколько биологических комплексов, сформировавшихся в течение длительной и разнообразной истории водоема: пресноводный, солоноватоводный, эвригалинный и морской (Каспийское море, 1985). Эти комплексы отличаются друг от друга по видовому составу, особенностям жизнедеятельности, участию в формировании кормовой базы отдельных видов рыб и ихтиофауны в целом. На пространственное распределение фито- и зоопланктона помимо солености влияют температура и прозрачность воды, а также трофические условия, в свою очередь так же, как и соленость, зависящие от речного стока, с которым в море поступают биогенные и органические вещества. Перечисленные факторы влияют также на распределение зообентоса, однако в этом случае их перечень расширяется за счет добавления гранулометрического состава донных отложений (Гидрометеорология и гидрохимия морей, 1996).

Акватория Северного Каспия по своим гидробиологическим и ихтиологическим параметрам неоднородна. В основе формирования биотической неоднородности водоема лежат абиотические факторы (пространственное распределение речного стока, формирующего солевой и биогенный режимы водоема, динамика и прозрачность вод и т.д.). Это обстоятельство само по себе должно способствовать районированию, но в силу свойственной Северному Каспию разномасштабной временной изменчивости характера распределения абиотических и биотических параметров

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

экосистемы оно только осложняет решение этой задачи. Основная трудность заключается в переходе от «индивидуального» (касающегося одного параметра) к «типологическому» (обобщающему те или иные свойства) районированию.

Районирование Северного Каспия по какому-нибудь определенному показателю проводилось неоднократно. Например, температурный режим Северного Каспия формируется под воздействием многих физико-географических и климатических характеристик, в частности географического положения, климата, рельефа и глубин моря, материкового стока, водообмена со Средним Каспием. Влияние этих факторов неодинаково, вследствие чего Е. Г. Архипова (1955) выделяет семь районов: I – приустьевой; II – западное мелководье; III – центральный (глубоководный); IV – Уральская бороздина; V – северное мелководье; VI – восточное мелководье; VII – юго-восточный район.

Н. А. Скриптунов (1962) выделяет в западной части Северного Каспия по характеру вертикального распределения солености три района: от морского края дельты до изобаты 2,0 м с однородным распределением солености; от изобаты 2,0 м до свала глубин со слабовыраженной стратификацией; свал глубин с существенными вертикальными градиентами солености.

По межгодовым, сезонным и кратковременным изменениям солености Северный Каспий является неоднородным водоемом. Д.Н. Катунин и И.А. Хрипунов (1976) по межгодовым, сезонным и кратковременным изменениям солености Северного Каспия выделяют 10 районов: I – предустьевое пространство Волги; II – свал глубин в западной части моря между 2,5 и 10-метровой изобатой; III – свал глубин восточнее о-ов Тюлений и Чечень; IV – свал глубин севернее банок Большая Жемчужная и Кулалинская; V – центральный приглубый район; VI – юго-западное мелководье; VII – предустьевое пространство р. Урал и прилегающее к нему северо-восточное мелководье; VIII – центральная часть Уральской бороздины; IX – северное побережье восточной части моря; X – восточный и южный районы восточной части моря.

А.В. Богорад (1958) по прозрачности различал в Северном Каспии 3 относительно стабильных зоны: прибрежное мелководье (глубина моря 0,5-4,0 м), зоны средних глубин (глубина моря 4,1-10,0 м), центральная глубоководная часть (глубина моря 10,1-30,0 м). Ю.С. Лукьянов и П.И. Бухарицин (2006) проводили районирование Северного Каспия на основе

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

оценки пространственно-временных масштабов неоднородности «водных тел».

Курапов А.А. с соавторами (2005), проанализировав функции распределения в пространстве и времени показателей состояния среды и биологических ресурсов, предложили схему эколого-рыбохозяйственного районирования Северного Каспия.

Так, к первому (I) району отнесена акватория устьевой области р. Волги от морского края дельты до глубины до 6-8 м (или изогалины 8 промилле), включают также междуречье Волго-Урал. Этот район является наиболее высокопродуктивным в Северном Каспии. Здесь наблюдаются наибольшие концентрации ракообразных, молоди рыб, а в весенний период – ихтиопланктона пелагических рыб (сельди, обыкновенное кильки и др.). В этом районе массовое развитие имеет высоко значимый в рационе рыб-моллюскоедов солоноватоводный комплекс моллюсков. Основные концентрации зоопланктона – кормовой базы молоди всех рыб, а также рыб-планктонофагов сосредоточены на глубинах 3-6 м.

Второй (II) район включает в себя приглубую зону западной части Северного Каспия. В этом районе наблюдается концентрация осетровых рыб и рыб-планктонофагов, совершающих нерестовые и нагульные миграции из Среднего и Южного Каспия в Северный. В современных условиях этот район подвержен воздействию мнemiопсиса, потребляющего зоопланктон и личинок моллюсков.

Следующим по ранжированию является район свала глубин (8-10 м) в западной части и Уральской бороздина на востоке (район III). Эта зона являет биотопом для массового развития червя *Nereis*, являющегося одним из основных объектов питания севрюги.

К четвертому (IV) району отнесена акватория юго-восточных и восточных мелководий, являющаяся районом нагула рыб, запасы которых формируются в Урало-Каспийском районе. В этой зоне также в массе развиваются ракообразные, обеспечивающие откорм молоди рыб.

О. Н. Буркацкий с коллегами (2005), в итоге изучения закономерностей распределения комплексов донных осадков, с учётом данных физико-географического районирования акватории и информации о литодинамических процессах, полученных при дешифрировании материалов ДЗЗ в пределах Российского сектора Каспийского моря, выделяли пять литолого-фациальных зон (ЛФЗ).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

I – прибрежно-морская зона шельфа (с подзонами: Ia – авандельтовая устьевая зона влияния твёрдого стока Волги со слабым развитием волновых процессов; Ib – авандельтовая, удалённая от устья, зона влияния твёрдого стока Волги с более сильными проявлениями волновых процессов; Ic – зона влияния твёрдого стока малых рек западного побережья Каспия, режим осадконакопления которой определяется активным волновым режимом и действием морских течений);

II – мелководная предустьевая зона шельфа с аккумулятивным режимом осадконакопления;

III – удалённая от устьев рек мелководная зона шельфа с аккумулятивным режимом осадконакопления;

IV – глубоководная зона шельфа, с транзитно-аккумулятивным режимом осадконакопления;

V – пологие склоны Дербентской впадины и её днище, режим осадконакопления – транзитно-аккумулятивный, аккумулятивный.

Современными объектами районирования акватории Каспия являются не отдельные природные образования (воды, донные осадки, сообщества гидробионтов), а природные территориальные комплексы с существующими в них взаимосвязями, процессами и явлениями. Выделение районов позволяет охарактеризовать процессы распределения осадочного материала в морском бассейне, установить источники поступления вещества, закономерности его распределения и аккумуляции. Так как биота является связующим звеном во всех взаимоотношениях водной экосистемы, в качестве основы экологического картирования используются гидробиологические характеристики исследуемой акватории. Все биотические компоненты водной экосистемы функционально связаны посредством трофических отношений, при этом структура сообщества донных беспозвоночных животных, занимающих центральное место в пищевой цепи гидробиоценозов, отражает весь комплекс условий существования водной экосистемы.

При проведении экологического районирования следует учитывать не только разнообразие природных условий, но и техногенного воздействия. Несмотря на безопасность предполагаемых к использованию технологий, не исключается возможность ухудшения качества вод и состояния биоты, за счет воздействия на них токсичных веществ, некоторых физических факторов (Коваленко и др., 1999). Такое воздействие может возникнуть при поисково-оценочных работах, в период обустройства месторож-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

дений и при их промышленной эксплуатации. Ухудшение экологической ситуации в регионе, вызванное техногенным загрязнением среды, может иметь как прямые, так и отдаленные последствия, которые проявятся после прекращения эксплуатации месторождений (Абдурахманов и др., 2005).

Изменение структуры донных осадков, загрязнение отходами буровых работ являются факторами воздействия на среду и биоту при поисково-разведочном бурении и в период обустройства морских технологических комплексов (Войнова, 2005б). При оценке таких воздействий на морские экосистемы необходимо учитывать:

- фоновое состояние и особенности жизнедеятельности донных организмов в местах размещения нефтегазодобывающих комплексов;
- наиболее уязвимые для загрязнителя звенья экосистемы, его способность к аккумуляции или трансформации в тканях гидробионтов и переходу по трофическим сетям;
- устойчивость морских организмов к загрязнителям на разных этапах жизненных циклов и в разные сезоны года;
- возможные последствия кратковременного или продолжительного воздействия загрязнителей и их комплексов на отдельные виды морской флоры, фауны и целые экосистемы.

Необходимы как наблюдения за изменением концентраций загрязнителей в донных осадках и в организмах (химический мониторинг), так и наблюдения за ходом изменений в структуре донных биоценозов и биотопов (биологический мониторинг) (Voinova et al., 2007). Стратегия всех нефтедобывающих стран в области законодательства, регулирующего вопросы охраны окружающей среды, заключается в том, что нефтяные компании обязаны определить состояние экосистемы до начала своих разработок, а также контролировать возможные изменения, вызванные такими разработками (Войнова, 2004).

Использование современных географо-информационных систем для районирования позволило бы более оперативно реагировать на возникающие проблемы в этой области, проводить экологический мониторинг на более качественном уровне и, таким образом, более рационально использовать природные ресурсы, поскольку информацию о состоянии окружающей природной среды, связанную с изучением экологических связей в естественных и нарушенных экосистемах и полученную на стадии планирования, можно эффективно использовать, при условии, если эти данные можно модифицировать и достраивать (Войнова, 2005а).

Таким образом, одним из способов определения возможного воздействия нефтяного загрязнения на экосистему водоема, является выявление определенных зон акватории, выделение среди них районов наиболее подверженные нефтяному загрязнению, комплексная характеристика состояния донных животных по районам, учитывающая их принадлежность к различным таксонам, эколого-фаунистическим комплексам, трофическим группам и донным сообществам, а также кормовую ценность. Также желательно проследить многолетнюю динамику этих показателей во всех районах.

2.1.3 Особенности первого этапа освоения морских нефте-газовых месторождений

Промышленное освоение морских нефтегазовых месторождений началось в середине прошлого века (в т.ч. на Каспийском море). Практически одновременно с началом морской нефтегазодобычи стало изучаться ее воздействие на морскую биоту.

Под первым этапом освоения нефтегазовых месторождений подразумеваются: геолого-геофизические изыскания (сейсморазведка, разведочные бурения, консервация и ликвидация скважин), а также подготовка и обустройство: опробование скважин, монтаж буровых платформ, прокладка трубопроводов, строительство береговых сооружений и т. д. Дальнейшая нефтегазодобывающая деятельность принимает многоплановый характер, особенно, если речь идет о нефтегазоносных провинциях, где ликвидация одних и обустройство других месторождений могут совпадать друг с другом во времени.

Основным видом воздействия нефтегазодобычи на природную среду является загрязнение (химическое воздействие) (Миронов, 1972). Первоначальные изменения, как правило, касаются физических и химических свойств морской среды, но могут повлечь за собой изменения морской биоты. Из социально-экономических последствий наиболее значимым является ущерб рыбному хозяйству.

Изменения морской среды при воздействии на нее нефтегазоразведочного комплекса в настоящее время сравнительно хорошо исследованы. В табл. 2.2 показаны наиболее общие типы воздействий на морскую среду отдельных этапов геологоразведочных работ и эксплуатационных работ (Патин, 1997, 2001).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В составе жидких, твердых, газовых и аэрозольных выбросов при буровых, технологических, строительных и транспортных работах насчитывают более 800 веществ, среди которых, естественно, доминируют нефть и нефтепродукты (Патин, 1997). Особенно опасны аварийные разливы нефти, которые могут распространяться на огромные акватории и именно катастрофические последствия, как для живых организмов, так и для целостности водных и прибрежных экосистем. Негативные изменения качества воды приводят к снижению ценности морских побережий в качестве мест массового отдыха людей и препятствуют развитию здесь рекреационных и туристических направлений экономики.

Еще в недавнем прошлом (в России – до 1970-х гг., в США – до 1989 г.) сейсморазведочные работы на шельфе велись с применением больших количеств взрывчатых веществ и наносили существенный урон практически всем компонентам морских экосистем (Матишов и др., 1999).

Таблица 2.2

Факторы экологического воздействия на разных этапах освоения морских нефтегазовых месторождений

Этап	Вид деятельности	Тип и характер воздействий
Геолого-геофизические изыскания	Сейсморазведка	помехи рыболовству и др. пользователям, воздействие на водные организмы и рыбные запасы
	Разведочные бурения	нарушения на морском дне, отчуждение акваторий, технологические сбросы, атмосферные выбросы, аварийные ситуации
	Консервация и ликвидация скважин	помехи рыболовству и др. пользователям
Подготовка и обустройство	Опробование скважин	(См. разведочное бурение)
	Монтаж буровых платформ, прокладка трубопроводов, строительство береговых сооружений и т. д.	физические нарушения, сбросы жидких и твердых отходов, помехи рыболовству (платформы, трубопроводы) и др. пользователям
Эксплуатация	буровые, технологические, транспортные и др. операции	технологические сбросы при бурении и добыче, аварийные разливы и выбросы, отчуждение акваторий, помехи рыболовству и др. пользователям
Завершение и ликвидация	демонтаж платформ и трубопроводов, консервация скважин и др. операций	сбросы, отчуждение акваторий, помехи рыболовству и др. пользователям

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В настоящее время экологический риск современной поисковой сейсморазведки в основном сводится к воздействию на живые организмы, в первую очередь на рыб. Несмотря на то, что акустические аномалии, возникающие в морской среде в ходе проведения сейсморазведочных операций, превосходят по интенсивности все прочие природные и антропогенные источники звуковых колебаний (за исключением особых случаев – проведения мощных взрывов, боевых действий и т.п.), большинство специалистов склоняются к мнению об отсутствии заметных негативных последствий этого вида деятельности на гидробионтов. Однако на расстоянии до 50-100 км от мест проведения сейсморазведки отмечены поведенческие изменения (дезориентация и т.п.) у рыб; предполагалась также возможность негативных воздействий на планктонные и другие организмы, составляющие кормовую базу рыб и других обитателей морской среды (Матишов и др., 1999). Предполагается, что интенсивная сейсморазведка может служить причиной снижения промысловых уловов рыб или нарушения миграций взрослых рыб (Муравейко и др., 1991).

Освоение нефтяного месторождения на морском шельфе может быть связано с установкой нефтяных платформ или затопленных барж, которые в этом случае служат своеобразными искусственными рифами, вокруг которых создается повышенная концентрация рыб. Плотность скоплений рыб максимальна непосредственно вблизи платформы и по мере удаления от нее быстро снижается. Так, согласно выполненным оценкам, концентрация рыб непосредственно у платформы может быть в 5-50 раз выше, чем на 50-метровом удалении от нее (Курапов и др., 2006).

Именно молодь рыб является наиболее чувствительной к действию нефтяных загрязнителей, концентрация которых будет наивысшей вблизи буровых платформ. Таким образом, сосредоточение молодежи в этой зоне может рассматриваться в качестве дополнительного фактора риска, усиливающего негативные последствия для рыб при неожиданном аварийном выбросе нефти. С другой стороны, искусственные рифы способствуют повышению численности кормовых организмов и рыб, что, несомненно, является позитивным фактом.

В целом исследователи сходятся во мнении, что создание искусственных островов на морском мелководье, скорее всего, не приводит к серьезным негативным последствиям для ихтиофауны, если только насыпка островов не будет сопровождаться разрушением сложившихся донных биоценозов вокруг искусственного острова (Курапов, 2006). Крупные по

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

площади острова, особенно если их много, могут сократить площади нагула для таких бентосоядных рыб, как молодь и половозрелые особи осетровых, что, безусловно, нежелательно. В целом при выборе из двух альтернатив «нефтяная платформа/искусственный остров» необходимо учитывать особенности местной ихтиофауны, соотношение донных и пелагических рыб, стратегию их пищевого поведения и т.п. Следует также иметь в виду, что демонтаж платформ будет представлять задачу, технически легче решаемую и имеющую меньше негативных последствий для экосистемы побережья, чем ликвидация искусственных островов.

Помимо этого, негативное воздействие оказывают проложенные по дну к буровым платформам или искусственным островам кабели линий электропередач, поскольку некоторые виды рыб, в частности осетровые, обладающие хорошо развитой электросенсорной системой, могут задерживаться во время совершения миграций в местах столкновения с сильным электрическим полем.

При строительстве причалов и хранилищ нефтепродуктов часто наблюдается значительное локальное загрязнение донного грунта нефтью и нефтепродуктами. На таких участках глубина загрязнения может достигать 2 м, как это наблюдается, например, в порту г. Баку (Курапов и др., 2006). Загрязнение донного субстрата представляет особую опасность для донных и придонных рыб, составляющих основу ихтиофауны прибрежных вод.

Водозабор может сопровождаться захватом водонасосными агрегатами рыб, прежде всего развивающейся пелагической икры, ранней молоди и мелких по размеру взрослых особей. Поэтому водозабор должен производиться с учетом сезонных и суточных особенностей распределения миграций рыб, особенностей их реореакции и фотореакции. Так, молодь осетровых рыб в светлое время суток держится в донных и придонных слоях воды, а в ночное время для питания поднимается в толщу воды. В связи с этим для осетровой молоди водозабор в ночные часы более опасен, чем в дневные.

В условиях достаточно высокой освещенности молодь многих рыб проявляет хорошо выраженную реореакцию и активно сопротивляется потоку воды. Поэтому днем молодь таких рыб успешно избегает засасывания и насосные установки. Ночью же или в мутной воде рыбы не могут успешно противостоять потоку и уходить из зоны водозабора. Эти особен-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ности поведения рыб должны приниматься во внимание при планировании водозабора.

Бурение сопровождается вибрациями, которые могут распространяться на большие расстояния, особенно в донном грунте. О каких-либо негативных последствиях этих искусственных колебаний для рыб неизвестно. Некоторые донные виды рыб, питающиеся организмами инфауны, обнаруживают их по низкочастотным микроколебаниям, создаваемыми кормовыми организмами. Возможно, вблизи буровых установок, где вибрация будет ярко выраженной, распространяющиеся возмущения будут камуфлировать колебания объектов питания и таким образом снижать интенсивность пищевого поиска рыб. Нельзя исключить и негативного воздействия вибраций на развивающуюся икру рыб, особенно донную. Известно, что на некоторых стадиях развития эмбрионы рыб особенно чувствительны к вибрациям.

Бурение газовых и нефтяных скважин может сопровождаться выбросами в воду буровых растворов и шламов, содержащих диспергенты, тяжелые металлы, моноциклические и полициклические углеводороды и ряд других типов химических веществ, в т. ч. и радионуклиды. Наибольшую опасность для рыб по интенсивности, глубине и многообразию поражающего воздействия представляют тяжелые металлы, что отмечалось в многочисленных исследованиях (Патин, 1979).

Освоение морских нефтяных месторождений неизбежно и с большой вероятностью сопровождается созданием неконтролируемых производственных (технологических) ситуаций, которые приводят к поступлению в окружающую водную среду различных химических загрязнителей, прежде всего нефти и нефтепродуктов, буровых растворов (шламов), диспергентов, тяжелых металлов и т.п. (Матишов, 1991).

Конечным итогом подобного загрязнения служат структурные и функциональные перестройки морской биоты, выражаемые обычно в виде изменения индексов видового разнообразия и доминирования, показателей численности, биомассы, продуцирования и т.д. (Коваленко и др., 1999). Анализ и оценка такого рода изменений на фоне природной динамики экологических процессов чрезвычайно затруднены и, как правило, возможны лишь в районах с относительно высоким уровнем нефтяного загрязнения.

В отличие от других загрязнений, углеводороды нефти непрерывно поступают в морскую среду за счет подводных выходов нефти из морских месторождений на дне. Такие же или близкие по составу углеводороды

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

продуцируются в результате биосинтетических процессов в живых организмах. Природное фоновое загрязнение, как и антропогенное, несомненно, оказывает влияние как на динамические и статистические характеристики бентосных организмов, так и на закономерность распределения донных биоценозов (Освоение шельфа арктических морей России, 1997).

Высокая токсичность производных нефти, попавших в водную среду, определяет влияние их на кроветворную систему, подавление ферментативной активности, сильное воздействие на наследственность (Освоение шельфа арктических морей России, 1997).

Поведение нефтяных углеводородов как токсичных элементов в морских водоёмах связано с переходом их в донные отложения. Значение этого фактора и его отрицательное влияние на акватории усиливается при возрастающем антропогенном влиянии. При изменении динамического равновесия, а также физико-химических и микробиологических процессов аккумулярованные ранее токсичные элементы могут вновь поступать из донных отложений в воду, оказывая негативное воздействие на качество воды и жизнедеятельность гидробионтов.

Предполагается, что в условиях воздействия токсического нефтехимического загрязнения будет происходить перестройка трофической структуры бентоса Северного Каспия за счет возрастания животных детритофагов-собирателей. При этом доля донных организмов других трофических групп не будет превышать 10 % от общей численности и 40 % от суммарной биомассы бентоса. Трофическое разнообразие по численности различных групп животных снизится в 3 раза, что приведет к выпадению большинства групп бентоса из трофической цепи. В основном будут развиваться организмы лишь двух трофических групп: детритофагов-собирателей и детритофагов-фильтраторов (Комплексные исследования, 2004).

Видовые и популяционные реакции на нефтяное загрязнение донных осадков проявляются на уровне бентосных сообществ, структурные и функциональные характеристики которых существенно нарушаются в условиях хронического нефтяного загрязнения. Повышенную уязвимость к действию нефти имеют бентосные и планктонные ракообразные (особенно мелкие формы) на фоне относительной устойчивости двустворчатых моллюсков и некоторых других донных беспозвоночных, например полихет, отдельные виды которых могут служить индикатором критических уровней нефтяного загрязнения (Патин, 1997).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Все биотические компоненты морских экосистем, включая планктон, бентос, и ихтиофауну, подвержены сильным пространственно-временным колебаниям («пятнистость» распределения) – в пределах от одного до трех порядков величин по показателям биомассы и видовой структуры. Амплитуды таких колебаний резко нарастают при переходе от многолетних масштабных (региональных и субрегиональных) наблюдений к кратковременным локальным съемкам (Патин, 2001). Это обстоятельство имеет принципиальное значение как для оценки последствий добычи нефти на шельфе, так и для объективной интерпретации результатов наблюдений на шельфе Северного Каспия (Войнова, 2005б).

В настоящее время освоение нефтегазовых месторождений Северного Каспия сводится в основном к проведению поисково-разведочного бурения. Воздействие буровых работ, проводимых по технологии нулевого сброса, оценивается как слабое, проявляется в локальном изменении зообентоса и не затрагивает ихтиофауны.

Зообентос, первым реагирует на новый вид воздействия. В лабораторных условиях зоопланктон более чувствителен, чем зообентос, к воздействию буровых отходов, но в реальных условиях из-за того, что планктонные организмы переносятся течениями, а донные животные неподвижны, последние страдают в большей степени, чем первые, от сброса буровых отходов. Если разведочное бурение проводится с использованием «нулевого сброса», то вблизи платформы численность и биомасса зообентоса могут возрастать благодаря «рифовому эффекту» или тому, что бурение скважины отпугивает бентосоядных рыб (Курапов и др., 2005; Курапов, 2006).

Сопоставление двух фактов – особой роли донной фауны в формировании биологической продуктивности и ее повышенной чувствительности к воздействию буровых работ – приводит к выводу, что в условиях Северного Каспия зообентос является наиболее уязвимым звеном в цепи влияния нефтегазодобычи на биоресурсы этой части моря. Тем самым подтверждается важность и актуальность исследований зообентоса уже на первом освоения морских нефтегазовых месторождений.

2.2 Материалы и методы исследований

Для анализа и обобщения данных производственного экологического мониторинга, проводившегося ООО «ЛУКОЙЛ-Астраханьморнефть» в 2000-2003 гг. западная часть Северного Каспия была разбита на 14 районов (Монахов и др., 2005). Основным фактором, учитываемым при проведении районирования, был донный рельеф (рис. 2.1).

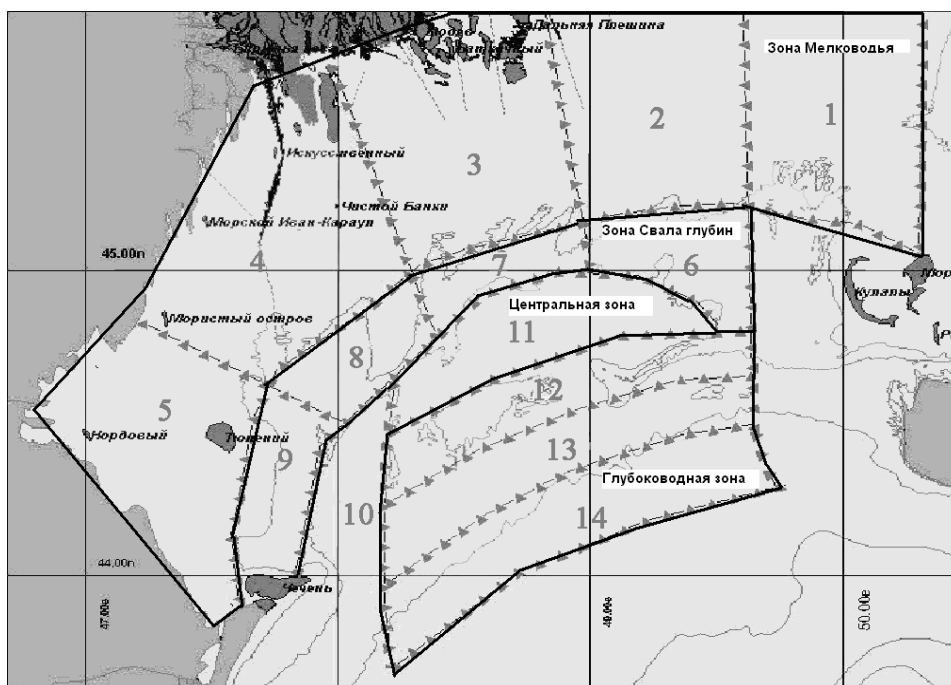


Рис. 2.1. Районирование западной части Северного Каспия

В наших исследованиях мы также придерживались этой схемы районирования, но дополнили ее, объединив районы в четыре зоны: мелководье, свал глубин, центральная и глубоководная. Донный рельеф Северного Каспия во многом определяет характер распределения физических и химических параметров, что подтверждается данными о средней глубине, солености придонного слоя воды и типах осадков 14 районов западной части Северного Каспия (табл. 2.3, рис. 2.2 и 2.3).

Таким образом, акватория, охваченная исследованиями, делится на 4 зоны, которые в свою очередь делятся на районы в соответствии с ранее принятой классификацией (Войнова и др., 2007б):

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

- мелководье, включающее в себя с 1 по 5 районы. Характеризуется глубиной от 3,7 до 5,4 м, соленостью от 3,0 до 7,8‰, доминантные донные отложения – мелкозернистый песок с присутствием алеврита, алевритового ила;
- свал глубин, включающий в себя с 6 по 9 районы. Характеризуется глубиной от 6,4 до 9,0 м, соленостью от 7,0 до 11,12‰, преобладающие донные отложения – мелкозернистый песок с присутствием ракуши;
- центральная зона, включающая в себя 10 и 11 районы. Характеризуется глубиной от 10,8 до 17,0 м, соленостью от 10,5 до 11,8‰, преобладающие донные отложения – мелкозернистый песок с присутствием ракуши в 10 р-не и ракуша с присутствием мелкозернистого песка в 11 р-не;
- глубоководная зона, включающая в себя с 12 по 14 районы. Характеризуется глубиной от 12,5 до 28,3 м, соленостью от 10,9 до 12,7‰, преобладающие донные отложения – ракуша с присутствием мелкозернистого песка.

Таблица 2.3

Средняя глубина, соленость придонного слоя воды и гранулометрический состав донных отложений в западной части Северного Каспия

Название зоны	№ района	Глубина, м	Соленость, ‰	Гранулометрический состав донных отложений, %				
				Ракуша	Крупнозернистый песок	Мелкозернистый песок	Алеврит	Мелкие фракции
Мелководная зона	1	4,1	6,70	9,56	3,01	57,02	8,64	21,8
	2	5,8	6,21	21,3	8,26	44,99	18,76	6,54
	3	5,4	6,48	25,5	9,08	42,33	15,82	7,42
	4	6,0	3,70	9,94	5,12	38,19	29,87	17,7
	5	4,8	4,60	7,86	5,28	30,68	36,33	22,1
Свал глубин	6	8,8	11,09	33,6	8,14	33,92	14,16	10,2
	7	7,1	7,91	27,2	8,19	38,15	16,7	9,71
	8	7,5	7,53	25,7	13,09	30,1	16,7	12,0
	9	8,8	8,36	6,74	5,09	23,25	18,71	46,4
Центральная зона	10	17,2	11,37	8,69	3,7	68,67	14,77	5,65
	11	11,2	11,12	48,9	16,3	21,51	7,29	5,78
Глубоководная зона	12	13,0	11,70	20,6	12,2	46,73	12,5	7,84
	13	18,1	12,43	60,7	9,27	19,57	7,21	3,27
	14	28,5	12,55	51,8	7,22	30,53	7,68	2,69

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

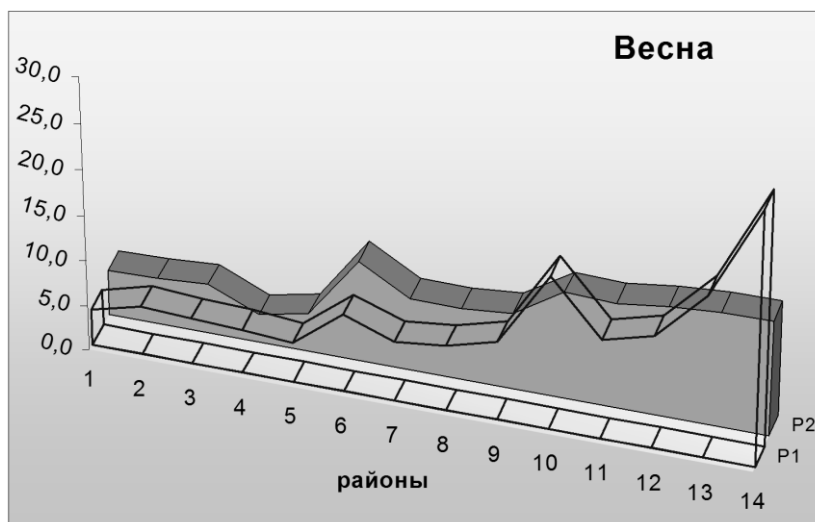


Рис. 2.2 Изменения средней глубины и солёности в западной части Северного Каспия (в весенний сезон)

□ P1 - Глубина, м ■ P2 - Солёность, ‰

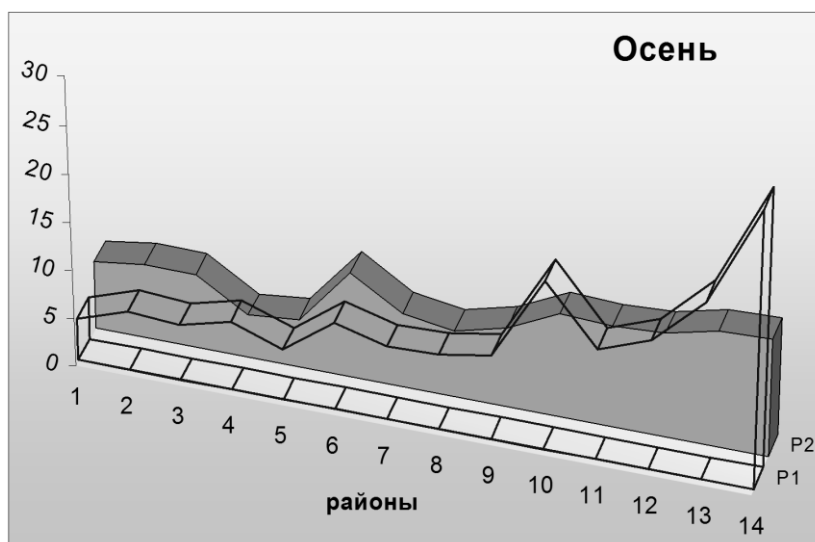


Рис. 2.3 Изменения средней глубины и солёности в западной части Северного Каспия (в осенний сезон)

□ P1 - Глубина, м ■ P2 - Солёность, ‰

Основными материалами для работы послужили данные ООО «ЛУКОЙЛ-Астраханьморнефть» (в настоящее время ООО «ЛУКОЙЛ-Нижевожскнефть») о видовом составе, численности и биомассе зообен-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

тоса в западной части Северного Каспия. Эти данные являются результатом исследований, проводившихся ФГУП КаспНИРХ по поручению нефтяной компании в период 2000-2003 гг., в рамках производственного экологического мониторинга (ПЭМ) на единой сетке, включающей в себя 84 станции, равномерно распределенные по рассматриваемой акватории, за исключением прибрежных районов с глубинами менее 3 метров.

Сбор материала проводился весной (март, апрель) и осенью (сентябрь, октябрь) с помощью дночерпателя Петерсена («Океан-50») с двукратной повторностью (0,1 м²). Пробы промывали методом «отмучивания» (газа № 23) с последующей фиксацией 4% р-ром формалина. Обработка материалов проводилась в лаборатории с использованием общепринятых методов (Романова, 1983). Численность организмов определяли прямым подсчетом особей в пробе, биомассу – взвешиванием на торсионных весах. Взвешивание проводили после непродолжительной обсушки навесок материала на фильтровальной бумаге (до момента, когда организмы не будут оставлять мокрых пятен на ней при легком нажатии).

Непосредственным исходным материалом для проведения данных исследований явилась подготовленная автором по данным лабораторных анализов сборов зообентоса электронная база данных, в начале включавшая в себя описание численности (экз/м²) и биомассы (г/м²) всех видов животных, встреченных на каждой станции применительно к отдельным съемкам. После создания сводной базы данных из нее были исключены виды, встреченные только в нескольких пробах бентоса. Последующий анализ показал, что в составе донных сообществ западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. регулярно присутствовали 53 таксона различного ранга (от класса до вида) беспозвоночных животных, относящихся к 5 типам: Plathelminthes, Nematelminthes, Annelida, Mollusca и Arthropoda.

Согласно классификации донных беспозвоночных по способам и источникам получения пищи (Яблонская, 1975) в бентосе Северного Каспия можно выделить несколько экологических групп:

– неподвижные и малоподвижные сестонофаги или фильтраторы эпифауны, которые поселяются на поверхности грунта и различных подводных предметах и улавливают пищевые частицы из слоя воды, несколько возвышающегося над дном (наддонная вода).

– подвижные, зарывающиеся в грунт сестонофаги или фильтраторы инфауны, способны как отфильтровывать пищевой материал из воды, так и брать его с поверхности осадка.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

- подвижные детритофаги или собиратели эпифауны, которые живут у дна или в поверхностном слое осадка, собирают пищевой материал с поверхности грунта или различных предметов, находящихся на дне.
- малоподвижные, зарывающиеся в грунт детритофаги или собиратели инфауны, которые строят в грунте трубочки и ходы, собирают пищевой материал главным образом с поверхности осадка.
- буравящие грунт, проникают в осадок передним концом тела и берут пищевые частицы, захороненные в толще грунта.
- хищники или плотоядные, охотятся за животной пищей, которая составляет значительную часть их рациона.

В фауне Каспийского моря среди донных беспозвоночных встречаются представители четырех фаунистических комплексов (Зенкевич, 1963):

1. Автохтонный каспийский комплекс – остатки морской третичной фауны, претерпевшей многократные изменения гидрологического режима водоема.
2. Средиземноморско-атлантический комплекс - виды, попавшие в Каспийское море в разное время.
3. Арктический комплекс – виды, проникшие в Каспийское море в конце ледникового периода из северных морей.
4. Пресноводный комплекс – виды, сравнительно недавно проникшие в Каспийское море из рек этого бассейна.

В географическом распространении донной фауны в пределах Северного Каспия выделяют четыре экологические группы по отношению к солености (Каспийское море, 1985, Карпинский, 2002):

- I. Стеногалинные виды, распространение которых ограничено соленостью воды до 2-6‰.
- II. Эвригалинные виды, распространение которых ограничено соленостью до 13‰.
- III. Эвригалинные виды, распространение которых ограничено соленостью от 2 до 13‰.
- IV. Стеногалинные виды, распространение которых ограничено соленостью не ниже 8-10‰.

Проводившийся применительно к каждой съемке многомерный корреляционный анализ (программа Statistica) пространственной изменчивости численности и биомассы зообентоса позволил выделить в его составе несколько сообществ донных и придонных беспозвоночных животных.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

При этом в одну группу включались животные, изменения численности и биомассы которых в пространстве характеризовались статистически достоверной (при $N = 64-84$, $\alpha = 0,05$) положительной корреляционной связью ($r \geq 0,40$). Эта связь оценивалась как устойчивая, если она проявлялась во всех съемках, либо как неустойчивая, если она наблюдалась в нескольких съемках.

Для визуализации корреляционной матрицы были построены графы «максимального корреляционного пути» (Терентьев, 1959), вершины которых обозначают виды, включенные в состав биоценоза, а линии, соединяющие вершины графа, указывают на наличие коореляционной зависимости. Наименование биоценозу давал вид (таксон), положительная связь которого с другими входящими в него видами (таксонами) характеризовалась наибольшими значениями коэффициента корреляции. Определенное сходство в пространственной изменчивости численности и биомассы животных, относящихся к одной группе, можно трактовать, как ее пространственную изоляцию от других групп животных. Поскольку данная изоляция является одним из основных признаков биоценоза, то далее выделенные группы животных именуется биоценозами.

Пользуясь описанным выше методом в составе зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. было выделено 4 биоценоза, в сумме включающих в себя 33 вида донных и придонных беспозвоночных животных. Остальные виды, из числа регулярно встречающихся в сборах зообентоса (см. раздел 2.3.1), не попали в это число так как связь их численности и биомассы с таковыми у других видов была статистически недостоверной.

При изучении донных биоценозов Каспийского моря, авторы опубликованных работ чаще всего оперируют общей и видовой биомассой, а также ареалами распространения видов. Например, Алигаджиев Г.А. (1965) выделил биоценозы на западном побережье Среднего Каспия зообентоса на основе преобладающей биомассы.

Величина биомассы дает материал по продуктивности участков моря, по продукции отдельных видов, но не дает представления о характере распределения, а также густоте населения, что очень важно для характеристики кормовых условий рыб в целом по морю, и на отдельных его участках. Величина биомассы не выявляет в полной мере соотношения видов когда крупные формы, встречаясь единичными экземплярами, по величине

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

биомассы оказываются равными сотням экземпляров мелких форм с малой биомассой, но покрывающих большие участки дна (Саенкова, 1959).

Величина встречаемости, давая точное представление о числе случаев нахождения данного вида, не освещает участия в сообществе ряда форм, встречающихся единично, но играющих заметную роль вследствие крупных размеров.

Неполноту показаний величин биомассы и встречаемости можно восполнить, взяв произведение из этих показателей; определение этой величины под названием коэффициента плотности населения было впервые предложено Л. А. Зенкевичем (1937).

При анализе состояния зообентоса мы использовали следующие показатели:

b - средняя биомасса в $г/м^2$;

p - встречаемость в %;

\sqrt{bp} – коэффициент плотности.

Расчет частоты встречаемости вида (p) производился по формуле:

$$p = 100 m/n, \quad (2.7)$$

где n - общее число проб в районе, а m - число проб, в которых встречен данный вид.

Видовой состав донной фауны принимаем за стабильный, если смена руководящих форм не происходит более одного раза за период исследования, т.е. за 4 года.

Л. А. Зенкевич все формы по величине коэффициента плотности делит на четыре группы:

- первая группа - руководящие формы с максимальной величиной коэффициента плотности;
- вторая группа - характерные формы I порядка;
- третья группа - характерные формы II порядка;
- четвертая группа - второстепенные формы с минимальными показателями коэффициента плотности.

Особого внимания заслуживают организмы, входящие в состав руководящих форм, которые обладают максимальными величинами коэффициента плотности, слагающимися из максимальной биомассы и максимальной встречаемости.

При характеристике бентоса отдельных районов и участков моря существенное значение имеют группы характерных форм I и II порядка.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Поэтому при выделении донных комплексов необходимо руководствоваться не только руководящими формами, но и формами характерными. От руководящих форм они отличаются небольшой биомассой, но частой встречаемостью, имеют большое значение в составе комплекса, а также, что особенно важно, в использовании их рыбой.

Для анализа пространственной изменчивости видового разнообразия в работе использовались индексы Маргалефа, Вильямса и Шеннона. Индекс видового богатства Маргалефа вычислялся по следующей формуле:

$$d = (s - 1) / \ln N, \quad (2.8)$$

где s – число видов в сезоне\года в исследуемого района, N – сумма всех особей исследуемого района. Чем выше значение этого индекса, тем выше разнообразие.

Индекс видового биоразнообразия Шеннона (в общем случае произвольного опыта с k исходами, имеющими вероятности P_1, P_2, \dots, P_k) вычислялся по следующей формуле:

$$H = - \sum_{i=1}^k P_i \cdot \log_2 P_i \quad (2.9)$$

где P_i – отношение числа особей одного вида к общему числу особей в исследуемом районе (сезона\года). Чем выше значение этого индекса, тем выше разнообразие.

Индекс видового биоразнообразия Вильямса, связывающий число видов с числом видов в биоценозе вычислялся по следующей формуле:

$$Y = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)} \quad (2.10)$$

где n_i - число особей i -го вида, N - общее число особей.

Исходя из этого, рассчитываем индекс видового разнообразия как отношение суммы произведения числа особей одного вида (n) и $n-1$ к произведению числа особей в сезоне (N) и $N-1$. Изменяется от 0 до 1. Чем выше значение этого индекса, тем меньше видовое разнообразие.

2.3 Структура и динамика донных сообществ западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

2.3.1 Состояние донной фауны и его изменения в 2000-2003 гг.

В составе донных сообществ западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. регулярно присутствовали 53 таксона различного ранга (от класса до вида) беспозвоночных животных, относящихся к 5 типам: Plathelminthes, Nemathelminthes, Annelida, Mollusca и Arthropoda (табл. 2.4). Как отмечалось в разделе 2.2, редко встречаемые виды на стадии первичной обработки материалов были исключены из дальнейшего рассмотрения.

Таблица 2.4
Общая характеристика видов зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Группа и таксон бентосного организма	Трофические группы бентосных организмов	Экологические группы организмов, по отношению к солености	Принадлежность к фаунистическому комплексу	Кормовая ценность
2	3	4	5	6
Тип Plathelminthes – плоские черви				
<i>Класс Turbellaria</i>	Хищники	0-13‰	автохтонный	некормовой
Тип Nemathelminthes – круглые черви				
<i>Класс Nematoda</i>	Детритофаги инфауны	0-13‰	автохтонный	некормовой
Тип Annelides, Annelida, Класс Polychaeta				
<i>Nereis diversicolor</i>	Детритофаги инфауны	2-13‰	средиземно-морской	кормовой
<i>Nupania invalida</i>	Детритофаги инфауны	0-13‰	автохтонный	кормовой
<i>Hiraniola kowalewskii</i>	Детритофаги инфауны	0-13‰	автохтонный	кормовой
<i>Manayunkia caspica</i>	Детритофаги инфауны	2-13‰	автохтонный	кормовой
<i>Parhypania brevispinis</i>	Детритофаги инфауны	>8-10‰	автохтонный	кормовой
<i>Класс Oligochaeta</i>	Буравящие грунт	<2-6‰	пресноводный	некормовой
Класс Hirudinea				
<i>Archaeobdella esmonti</i>	Хищники	2-13‰	автохтонный	некормовой

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Продолжение таблицы 2.4

2	3	4	5	6
Тип Arthropoda				
<i>Надкласс Crustacea, Класс Malacostraca</i>				
<i>Отряд Mysidacea</i>				
Paramysis lacustris	Детритофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	кормовой
Caspiomysis Knipowitschi	Детритофаги эпифауны	2-13%	автохтонный	кормовой
<i>Отряд Cumacea</i>				
Schizorhynchus Bilammellat.	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Schizorhynchus Scabriuscul.	Детритофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	кормовой
Schizorhynchus eudorelloid	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Pterocuma pectinata	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Stenocuma gracillis	Детритофаги эпифауны	2-13%	автохтонный	кормовой
Stenocuma graciloides	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Pterocuma sowinsky	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Stenocuma tenuicauda	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Volgocuma telmatophora	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
<i>Отряд Amphipoda. Подотряд Gammaridae</i>				
Niphargoides derzhavini	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Niphargoides aequimanus	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Niphargoides abbreviatus	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Niphargoides quadrimanus	Сестонофаги инфауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Niphargoides compressus	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Niphargoides macrurus	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Niphargoides similis	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Gmelina pusilla	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Akerogammarus Knipowitschi	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Продолжение таблицы 2.4

2	3	4	5	6
Gammarus ischnus	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Gammarus paucillus	Детритофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	кормовой
Amathillina cristata	Детритофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	кормовой
Gammarus warpachowskyi	Детритофаги эпифауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Dikerogammarus haemobaph.	Хищники	0-13%	автохтонный	кормовой
Pandorites platycheir	Сестонофаги инфауны	0-13%	автохтонный	кормовой
<i>Семейство Corophiidae</i>				
Corophium nobile	Сестонофаги инфауны	<2-6%	автохтонный	кормовой
Corophium chelicorne	Сестонофаги инфауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Corophium mucronatum	Сестонофаги инфауны	0-13%	автохтонный	кормовой
Corophium spinulosum	Сестонофаги инфауны	>8-10%	автохтонный	кормовой
Corophium curvispium	Сестонофаги инфауны	<2-6%	автохтонный	кормовой
Класс Insecta – насекомые, Отряд двукрылые (Diptera)				
<i>Семейство Chironomidae</i>	Детритофаги эпифауны	<2-6%	пресноводный	кормовой
Tun Mollusca – моллюски, Подтип Conchifera – раковинные моллюски				
Класс Lamellibranchiata				
Cerastoderma lamarski	Сестонофаги инфауны	2-13%	средиземно- морский	некормовой
Mytilaster lineatus	Сестонофаги эпифауны	2-13%	средиземно- морский	некормовой
Dreissena rostriformis	Сестонофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	кормовой
Dreissena polymorpha	Сестонофаги эпифауны	<2-6%	автохтонный	кормовой
Didacna barbotdemarnyi	Сестонофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	некормовой
Didacna trigonoides	Сестонофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	некормовой
Didacna protracta	Сестонофаги эпифауны	>8-10%	автохтонный	некормовой
Hupanis anqusticostata	Сестонофаги инфауны	<2-6%	автохтонный	кормовой
Hupanis vitrea	Сестонофаги инфауны	<2-6%	автохтонный	кормовой

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Продолжение таблицы 2.4

2	3	4	5	6
<i>Hypanis albida</i>	Сестонофаги инфауны	>8-10‰	автохтонный	кормовой
<i>Abra ovata</i>	Детритофаги инфауны	2-13‰	средиземно- морский	кормовой
<i>Gastropoda sp.</i>	Детритофаги инфауны	2-13‰	средиземно- морский	некормовой

Плоские черви Plathelminthes были представлены одним классом Turbellaria, их видовая принадлежность не определялась. Аналогичным образом поступали: а) с круглыми червями Nematelminthes, представленными одним классом Nematoda; б) с кольчатыми червями, относящимися к классу Oligochaeta (тип Annelida), с моллюсками (тип Mollusca) из класса брюхоногих (Gastropoda).

Класс многощетинковых кольчецов (Polychaeta), также относящийся к типу Annelida, был представлен 5 видами, относящимися к трем семействам: Nereidae (подкласс Egrantia), Sabellidae и Ampharetidae (подкласс Sedentaria) (Шалапенко, Буга, 2002). Входящий в тип Annelida класс пиявок Hirudinea был представлен всего одним видом.

Тип Mollusca в бентосе западной части Северного Каспия кроме редких Gastropoda представляли разнообразные по видовому составу двустворчатые моллюски (класс Bivalvia или Lamellibranchiata), относящиеся к четырем семействам: Mytilidae (отряд Mytiloidea), Scrobicularidae, Cardiidae, Dreissenidae (отряд Veneroidea). При этом семейства Mytilidae и Scrobicularidae представляли по одному виду животных, а наибольшим разнообразием отличались кардииды.

Из членистоногих (тип Arthropoda) в бентосе западной части Северного Каспия присутствовали животные двух классов Crustacea (Ракообразные) и Insecta (Насекомые). При этом насекомых представляли личинки комаров-дергунов, относящихся к семейству Chironomidae (отряд Diptera), которые также не определялись до вида.

По числу видов в сборах донных и придонных животных преобладали ракообразные, что свойственно Каспийскому морю в целом (Каспийское море, 1985). При этом Crustacea представляли три отряда: Mysidacea, Cumacea и Amphipoda. Из ракообразных, обычных для зообентоса Северного Каспия (Атлас, 1968), в 2000-2003 гг. редко встречались представители отрядов Decapoda (краб ритропанопеус) и Cirripedia (усоногий рачок

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

бальянус). Отряд Mysidacea был представлен всего двумя видами, относящимися к одному семейству Mysidae. Кумовые раки были более разнообразны, но так же, как мизиды, относились к одному семейству Pseudocumidae. Только наиболее обильные по числу видов разноногие раки (Amphipoda) составляли два семейства Gammaridae и Corophidae. При этом семейство бокоплавов (Gammaridae) по числу видов превосходило все другие семейства (и даже таксоны более высокого ранга) других беспозвоночных животных, что также характерно для зообентоса Каспийского моря в целом (Каспийское море, 1985).

Для анализа сезонных и межгодовых изменений видового состава донных сообществ по понятным причинам использовались только таксоны, определявшиеся до вида и включавшие в себя не менее трех видов. Таких таксонов оказалось четыре: классы Polychaeta и Lamellibranchiata; отряды Cumacea и Amphipoda. Анализ изменений численности и биомассы животных проводился также применительно к этим таксонам.

Как следует из данных, приведенных в табл. 2.5, характерной чертой сезонных изменений состояния зообентоса в период 2000-2003 гг. было уменьшение видового разнообразия, численности и биомассы организмов от весны к осени.

Таблица 2.5

Сезонные изменения видового состава, численности и биомассы различных таксонов зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Сезон	Polychaeta	Cumacea	Amphipoda	Lamellibranchiata	Всего
Среднее количество видов					
Весна	4,0	5,5	14,8	8,3	32,5
Осень	3,8	4,5	12,3	7,3	27,8
Средняя численность, экз./м ²					
Весна	1363	1116	913	1373 (1343)*	4765 (4735)*
Осень	976	237	629	973	2815
Средняя биомасса, г/м ²					
Весна	2,97	0,63	1,13	77,11 (59,38)*	81,50 (63,77)*
Осень	2,24	0,13	0,72	39,46	42,29

Примечание: * объяснение цифр, указанных в скобках, приводится ниже в тексте

Сезонное уменьшение видового разнообразия наиболее ярко было выражено у Amphipoda, уменьшение численности – у Cumacea, а уменьшение биомассы – у Cumacea и Lamellibranchiata (данные по 2004 г. не

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

приводятся в связи с тем, что гидробиологические наблюдения в этом году проводились на ограниченном участке акватории, включающем всего 28 станций).

Следует отметить, что весной 2002 г. на одной из станций была зарегистрирована аномально высокая численность (6800 экз/м²) и биомасса (3970 г/м²) моллюска *Hydris albida*. В связи с этим последующие расчеты проводились в двух вариантах, соответственно, с учетом и без учета аномальных значений на этой станции. В табл. 2.5 результаты расчетов по второму варианту приведены в скобках.

Анализ межгодовых изменений видового состава животных указывает, что уменьшение видового разнообразия зообентоса произошло в 2001 г., причем оно коснулось всех таксонов, за исключением Cumacea, количество видов которых в это время, наоборот, возросло (рис. 2.4). Наиболее заметным было сокращение видового состава у Amphipoda и Lamellibranchiata.

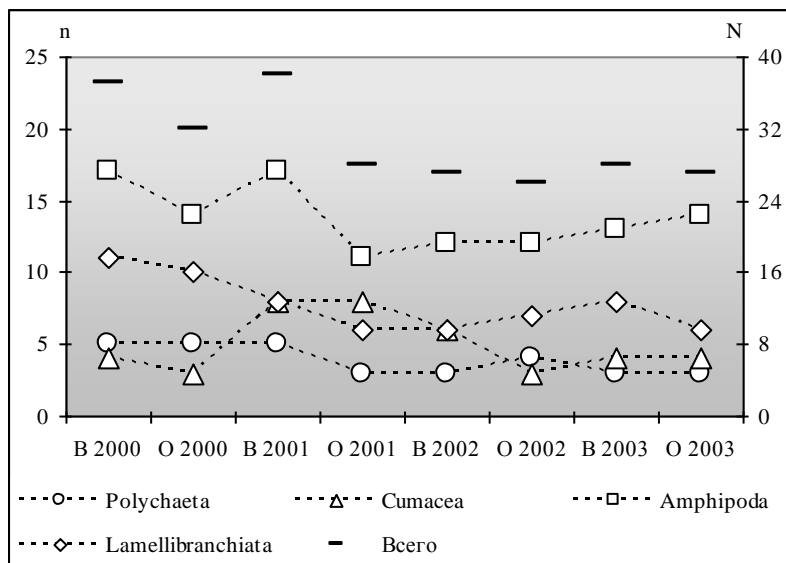


Рис. 2.4 Изменения количества видов, относящихся к различным таксонам зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:
В – весна, О – осень, n – количество видов в группах, N – общее количество видов

На фоне сезонных колебаний состояния зообентоса хорошо прослеживаются межгодовые изменения его численности и биомассы (рис. 2.5).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

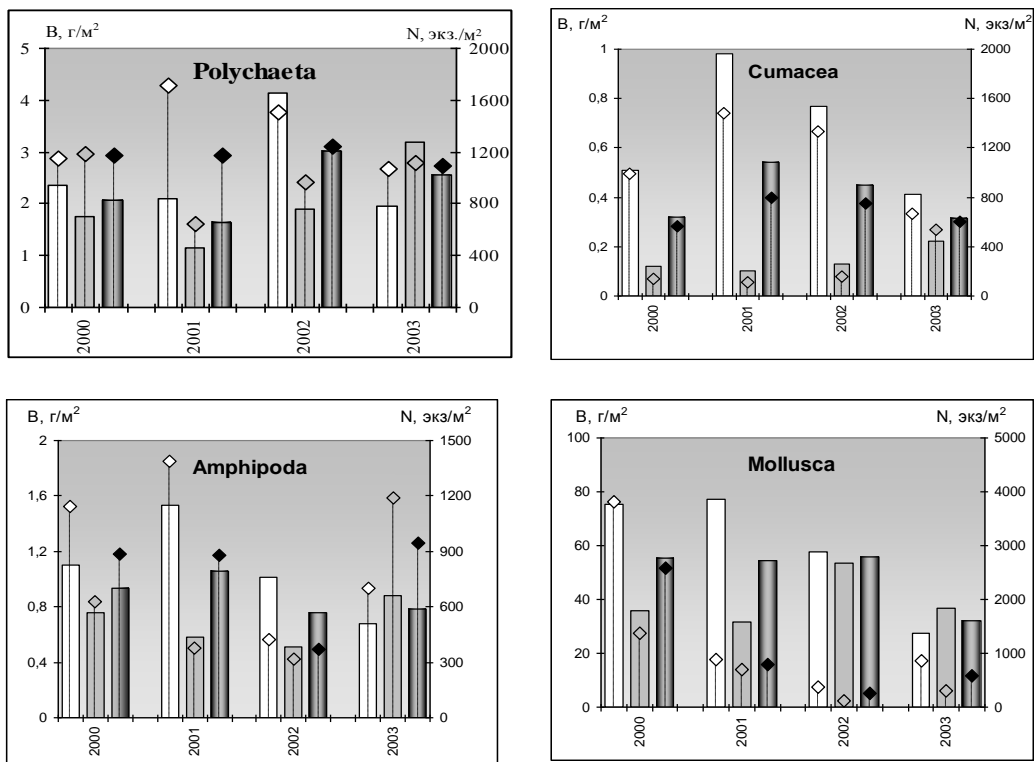


Рис. 2.5 Изменения численности и биомассы организмов, относящихся к различным таксонам донных животных в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

В – биомасса (г/м²): □ - весна, ▤ - осень, ■ - год

Н - численность (экз./м²): ◇ - весна, ◆ - осень, ◆ - год

Примечание: здесь и далее в рисунках, характеризующих межгодовые изменения численности и биомассы, приведены расчетные данные без учета аномальных значений численности и биомассы *Nuraris albidus* на одной из станций весной 2002 г. (см. выше по тексту)

Так биомасса полихет в 2002-2003 гг. повысилась по сравнению с двумя предыдущими годами, при этом их среднегодовая численность оставалась стабильной в течение всего рассматриваемого периода времени. В 2001-2002 гг. на фоне увеличения видового разнообразия наблюдалось повышение численности и биомассы Cumacea по сравнению с двумя крайними годами. У Amphipoda так же, как у Cumacea наибольшая численность и биомасса наблюдалась в 2001 г., но на следующий год их значения снизились до минимума (Войнова и др., 2006).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В течение первых трех лет среднегодовая биомасса моллюсков оставалась постоянной, но их численность при этом резко снижалась, что указывает на увеличение размеров особей. В 2003 г. зарегистрировано снижение биомассы и незначительное повышение численности моллюсков по сравнению с 2002 г.

Основными особенностями динамики видового разнообразия зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. по нашему мнению следует считать сокращение видового состава основных таксонов донных и придонных беспозвоночных животных (прежде всего Amphipoda и Lamellibranchiata), произошедшее в 2001 г., а также совпавшее с ним по времени резкое снижение численности моллюсков.

Эколого-фаунистические комплексы

Соленость западной части Северного Каспия изменяется в широких пределах, и большинство обитающих здесь донных и придонных беспозвоночных животных приспособились к этому. Однако некоторые виды остаются требовательными к солености, предпочитая жить в опресненной или морской воде. По отношению к солености животные донной фауны Каспийского моря подразделяются на четыре группы (Каспийское море, 1985).

Кроме того, что донные и придонные беспозвоночные животные Каспийского моря относятся к четырем фаунистическим комплексам: автохтонному каспийскому, средиземноморско-атлантическому, пресноводному и арктическому (Зенкевич, 1963). При этом виды арктического комплекса не встречаются в Северном Каспии.

Диагностика организмов зообентоса, обнаруженных в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг., по отношению к солености и принадлежности к тому или иному фаунистическому комплексу проводилась на основе литературных данных (Карпинский, 2002; Каспийское море, 1985). Поскольку Gastropoda не определялись до видов, отличающихся друг от друга экологическими свойствами, то этот таксон был исключен из эколого-фаунистической классификации.

Из животных, обитающих в опресненных участках моря (соленость воды не более 2-6‰), в составе донной фауны регулярно встречались Oligochaeta и Chironomidae, представляющие пресноводный фаунистический комплекс (ПК). Автохтонный каспийский комплекс (АК) в этой группе представляли три вида моллюсков и два вида корофид.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Наиболее многочисленной по количеству видов, как и ожидалось, оказалась группа животных, обитающих в широком диапазоне солености (от 0 до 13‰). При этом все животные относились к автохтонному каспийскому комплексу (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Сезонные изменения видового состава, численности и биомассы различных таксонов зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Сезон	Соленость среды обитания, ‰						Всего	
	< 2-6		0-13	2-13		>8-10		
	Фаунистический комплекс							
	ПК	АК	АК	СК	АК	АК	АК	Всех
Среднее количество видов								
Весна	2,0	3,5	18,0	4,0	2,3	6,3	30,1	36,0
Осень	2,0	3,5	15,3	3,8	1,8	4,5	25,1	30,8
Средняя численность, экз/м ²								
Весна	2822	74	2676	1423	238	292 (262)	3280 (3250)	7525 (7495)
Осень	2871	71	1286	1147	198	140	1695	5713
Средняя биомасса, г/м ²								
Весна	3,07	3,95	2,21	36,36	0,054	38,95 (21,22)	45,16 (27,43)	84,59 (66,86)
Осень	2,39	2,82	0,82	28,42	0,009	10,22	13,87	44,68

Примечание: 1) ПК – пресноводный автохтонный комплекс; АК – автохтонный комплекс; СК – средиземноморский комплекс; 2) в скобках приведены значения показателей, рассчитанные без учета аномальных значений численности и биомассы *Nuранis albida* на одной из станций в 2001 г. (см. выше)

Помимо Turbellaria и Nematoda в эту группу входили 24 вида, среди которых преобладали Amphipoda (15 видов). К обитанию в широком диапазоне солености приспособлены также 6 видов Cumacea и 2 вида полихет, обнаруженных в сборах зообентоса.

В группу эвригалинных, но не встречающихся в пресных водах животных (диапазон солености от 2 до 13‰) вошли 7 видов, представляющих два фаунистических комплекса: автохтонный каспийский и атлантико-средиземноморский. Эти виды отличались друг от друга и таксономической принадлежностью. Три вида относились к Annelida, столько же видов – к Mollusca и два вида – к Crustacea.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Группа животных, обитающих исключительно в морских водах (соленость не менее 8-10‰) состояла из 11 видов, относящихся к каспийскому автохтонному комплексу. Их перечень включал в себя 5 видов моллюсков, 4 вида амфипод и по одному виду полихет и мизид.

Обращает на себя внимание, что только первая и третья группа животных, состоит из видов, относящихся к разным фаунистическим комплексам. В первой группе автохтонную фауну дополняют виды пресноводного комплекса, а в третьей группе – виды средиземноморского происхождения. Вторая и четвертая группы животных полностью состоят из автохтонных видов. Это обстоятельство учитывалось при анализе сезонных и межгодовых изменений видового состава, численности и биомассы эколого-фаунистических комплексов зообентоса.

В 2000-2003 гг. уменьшение видового разнообразия от весны к осени зафиксировано только у автохтонного комплекса животных (табл. 2.6). При этом наиболее ярко выраженным оно оказалось у автохтонных организмов, предпочитающих жить в морской воде (более 8 ‰) и приспособленных к обитанию в широком диапазоне солености (от 0 до 13 ‰). Снижение общей численности особей от весны к осени наблюдалось у всех групп животных, за исключением организмов, обитающих в опресненных участках моря. Сезонное снижение биомассы зафиксировано во всех эколого-фаунистических комплексах, но в наибольшей степени оно касалось автохтонных видов (кроме тех из них, что предпочитают низкую соленость).

Уменьшение видового разнообразия зообентоса в 2001 г. произошло за счет автохтонной фауны, оно никак не затронуло видов пресноводного и средиземноморского комплексов (Войнова и др., 2006а). Пресноводный комплекс во всех съемках был представлен двумя таксонами (*Oligochaeta* и *Chironomidae*), а средиземноморский – 4 видами (только осенью 2002 г. в сборах зообентоса отсутствовала церастодерма). Кроме того, уменьшение разнообразия практически не коснулось автохтонных видов, живущих в опресненных водах и, наоборот, избегающих этих вод эвригаллиных видов (рис. 2.6). Зато резко снизилось число автохтонных видов животных, обитающих в морской воде (более 8‰) и в широком диапазоне солености (от 0 до 13 ‰).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

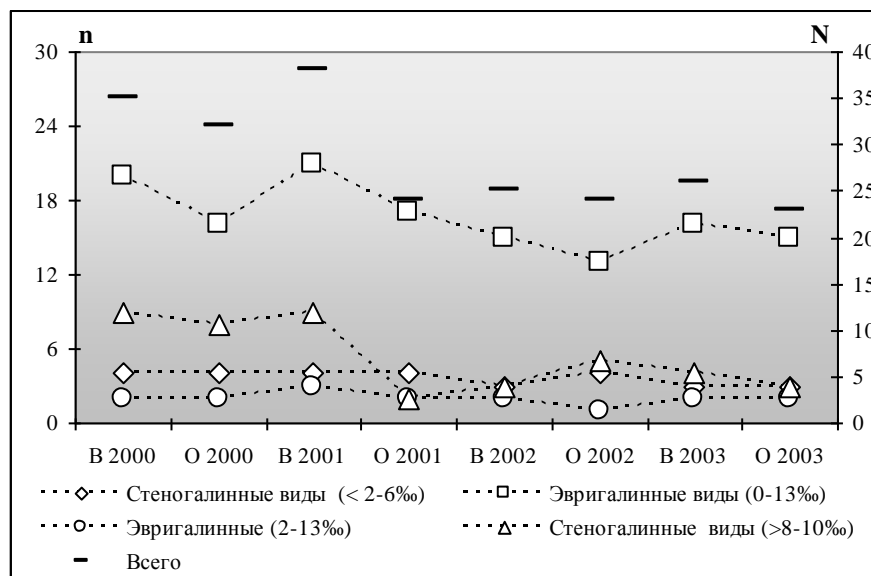


Рис. 2.6 Изменения количества видов автохтонного каспийского комплекса, обитающих при различной солености в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень, n – количество видов в группах, N – общее количество видов

Обращает на себя внимание, что основное уменьшение видового разнообразия зообентоса произошло в период между двумя съемками 2001 г. (весенней и осенней). Из этого следует, что отмеченные выше сезонные изменения видового состава являются не только проявлением ежегодно повторяющихся флуктуаций, но и отголоском этого единственного в своем роде события.

Межгодовые изменения биомассы у животных пресноводного и автохтонного комплексов, живущих в опресненных участках моря, носили синхронный характер, ее рост наблюдался в годы повышенной водности (2001-2002 гг.). Среднегодовая численность автохтонных организмов, предпочитающих низкую соленость, в эти два года явно снижалась, а численность аналогичных организмов пресноводного комплекса в течение всего рассматриваемого периода была относительно стабильной (рис. 2.7).

Несмотря на резкие сезонные колебания численности животных, обитающих в широком диапазоне солености (от 0 до 13‰), среднегодовые значения их численности в период 2000-2003 гг. сохранялись примерно на одном уровне. Межгодовые изменения их общей биомассы были аналогичны изменениям биомассы животных, обитающих в опресненных водах.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

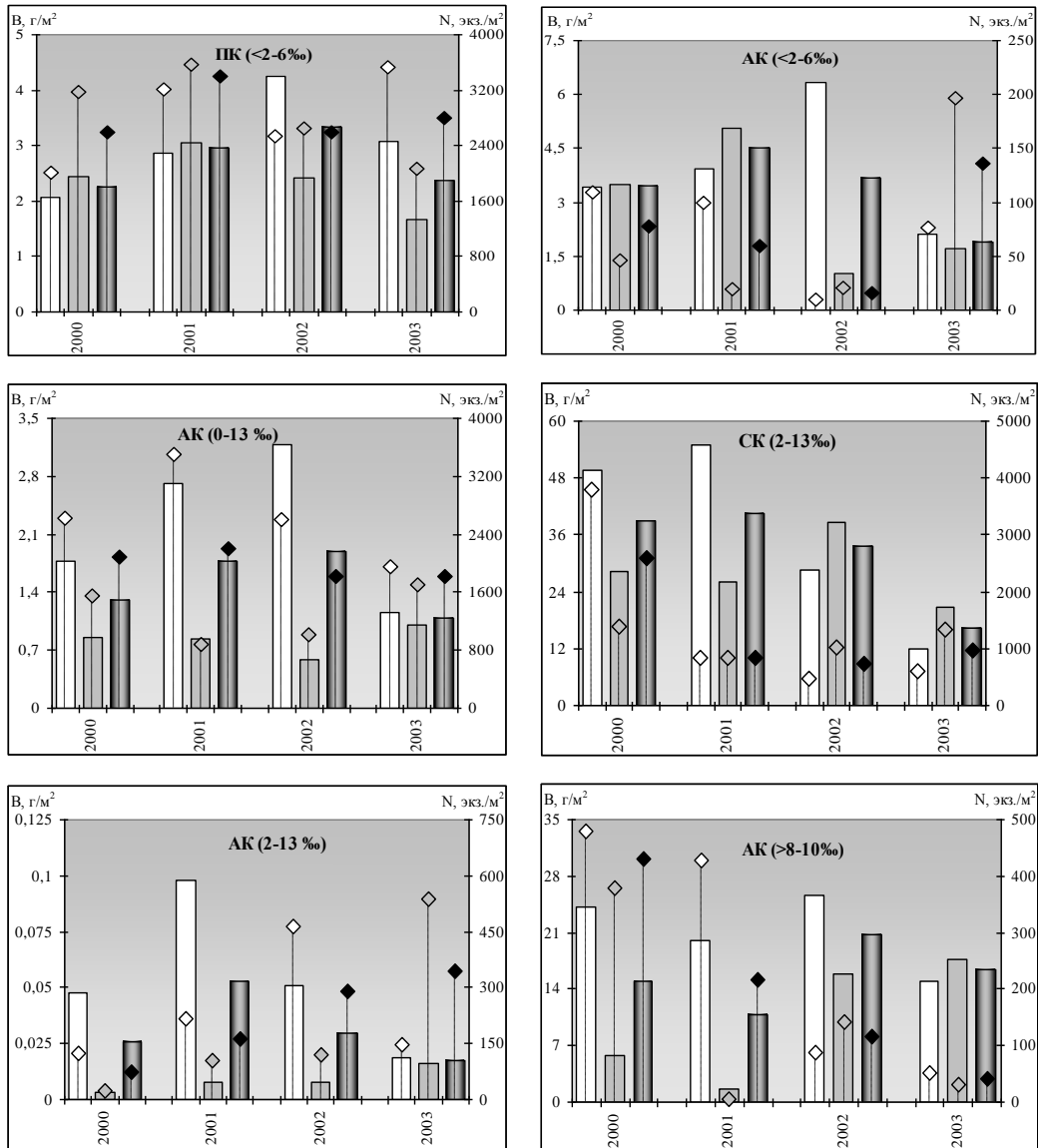


Рис. 2.7 Изменения численности и биомассы организмов, относящихся к различным эколого-фаунистическим комплексам западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:

B - биомасса (г/м²): □ - весна, ▒ - осень, ■ - год

N - численность (экз./м²): ◇ - весна, ◇ - осень, ◆ - год

Синхронные межгодовые изменения биомассы были характерны и для двух комплексов (средиземноморского и автохтонного) эвригалинных животных, избегающих пресных вод (соленость от 2 до 13‰). Пик биомассы отмечен в 2001 г., после чего наблюдалось ее снижение. Интересно,

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

что численность животных средиземноморского происхождения так же, как и их биомасса, в рассматриваемый период времени падала, а численность автохтонных животных, в отличие от их биомассы, возрастала.

Выше указывалось на резкое сокращение в 2001 г. видового состава автохтонной фауны, обитающей при высокой (более 8‰) солености. Осенью этого года биомасса животных относящейся к этому комплексу снизилась практически до нуля. Однако в последующие два года биомасса этих животных повысилась по сравнению с 2000-2001 гг., а также стала менее подверженной сезонным колебаниям. Следует отметить, что для этого комплекса так же, как фауны средиземноморского происхождения, было характерно снижение численности животных в течение всего рассматриваемого периода времени.

Анализ динамики эколого-фаунистических комплексов зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. показал, что сокращение его видового разнообразия, произошедшее в 2001 г. (см. раздел 2.2.1), затронуло только автохтонную фауну, при этом сократилось число автохтонных видов: а) живущих в широком диапазоне солености; б) обитающих только при высокой солености. Устойчивое снижение численности организмов зарегистрировано только во втором из указанных комплексов, а также у эвригалинных видов средиземноморского происхождения, избегающих пресных вод. При этом биомасса автохтонных морских видов в 2002-2003 гг. повысилась относительно 2000-2001 гг., а биомасса средиземноморских эвригалинных видов, наоборот, понизилась.

Трофические группы

По способам и источникам получения пищи донные и придонные беспозвоночные животные Северного Каспия подразделяются на шесть групп (см. раздел 2.1). В зообентосе западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. в той или иной степени была представлена каждая их них. Для отнесения организмов к той или иной трофической группе использовались литературные данные (Яблонская, 1975; Брискина, 1952). Поскольку *Gastropoda* не определялись до видов, относящихся к разным трофическим группам, то этот таксон был исключен из трофической классификации.

Фильтраторы эпифауны (неподвижные и малоподвижные сестонофаги) в зообентосе были представлены 6 видами моллюсков, относящимся, за исключением митилястера, к автохтонному комплексу. При этом все

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

фильтраторы, за исключением *Dreissena polymorpha*, относились к видам, избегающим пресных вод.

Виды автохтонного комплекса преобладали и среди фильтраторов инфауны (подвижных, зарывающихся в грунт сестонофагов), – только один вид из 11, а именно церастодерма, представлял средиземноморско-атлантический комплекс. Большинство фильтраторов инфауны, относящихся к Amphipoda и Lamellibranchiata, способны жить в широком диапазоне солености, три вида не выносят морских, а два вида – пресных вод.

В наиболее многочисленной по количеству видов группе собирателей эпифауны (подвижных детритофагов) все виды относились к автохтонному комплексу и только личинки хирономид представляли пресноводный комплекс. Все подвижные детритофаги были ракообразными, среди которых преобладали Gammaridae (12 видов), за ними следовали Cumacea (9 видов) и Mysidacea (2 вида). Большинство собирателей инфауны относятся к эвригалинным видам, только мизиды и два вида гаммарид избегают пресных вод.

Среди собирателей инфауны (малоподвижных, зарывающихся в грунт детритофагов) только один вид (*Abra ovata*) относился к моллюскам. Помимо него в эту группу входили пять видов полихет и Nematoda. Атлантико-средиземноморский комплекс представляли *Abra ovata* и *Nereis diversicolor*, а остальные виды – автохтонную каспийскую фауну. Оба вселенца и два автохтонных вида избегают пресных вод (менее 2 ‰), а один из аборигенов (*Parhypania brevispinis*) вообще предпочитает жить в морской воде (более 8 ‰). Остальные собиратели инфауны, присутствовавшие в сборах бентоса, относятся к эвригалинным видам.

Трофическая группа буравящих грунт животных в сборах зообентоса была представлена только Oligochaeta, относящимися к пресноводному комплексу и не переносящими высокой (более 2-6‰) солености. Группу хищников представляли Turbellaria, один вид из класса Hirudinea (*Archaeobdella esmonti*) и один вид Gammaridae (*Dikerogammarus haemobaphes*). Оба названных вида являются эвригалинными и относятся к автохтонному комплексу.

Анализ сезонной и межгодовой изменчивости видового состава, численности и биомассы трофических групп зообентоса проводился только в отношении сестонофагов (фильтраторов) и детритофагов (собирателей). Буравящие грунт и хищные животные не рассматривались в связи с небольшим количеством видов, представляющих эти группы.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Из данных, приведенных в табл. 2.7, следует, что для всех трофических групп зообентоса в период 2000-2003 гг. было характерно уменьшение видового состава от весны к осени, при этом наиболее заметным оно было в группе детритофагов эпифауны, а наименее заметным – в группе детритофагов инфауны. Численность и биомасса животных во всех трофических группах также снижалась от весны к осени, более ярко это снижение было выражено у инфауны. В частности следует указать на резкое сезонное снижение биомассы сестонофагов инфауны. Для сравнения – сезонные изменения биомассы сестонофагов эпифауны были практически незаметными.

Таблица 2.7
Сезонные изменения видового состава, численности и биомассы различных трофических групп зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Сезон	Фильтраторы		Собиратели		Всего
	Эпифауны	Инфауны	Эпифауны	Инфауны	
Среднее количество видов					
Весна	3,8	8,0	16,0	5,8	33,5
Осень	3,0	7,0	13,3	5,5	28,8
Средняя численность, экз/м ²					
Весна	1011	499 (469)	1361	1848	4720 (4690)
Осень	746	321	1063	719	2850
Средняя биомасса, г/м ²					
Весна	26,46	46,28 (28,55)	7,31	1,56	81,60 (63,87)
Осень	25,92	11,72	4,02	0,57	42,23

Примечание: см. примечание к табл. 2.6

Упомянутое выше резкое сокращение видового состава зообентоса между весной и осенью 2001 г. коснулось всех трофических групп. Группа фильтраторов эпифауны осенью 2001 г. оказалась представлена всего одним видом – *Mutilaster lineatus*, но в последующие годы ее видовой состав вновь расширился (рис. 2.8).

Устойчивое сокращение числа видов произошло в группах инфауны: у фильтраторов инфауны оно уменьшилось с 9 (весна 2000 г. – весна 2001 г.) до 7 (осень 2001г. – осень 2003 г.), а у детритофагов инфауны – с 7

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

до 5 видов (рис. 2.9). В то же время, число видов собирателей эпифауны упало с 17 до 13, при этом в этой группе также уменьшился свойственный ей размах сезонных колебаний числа видов.

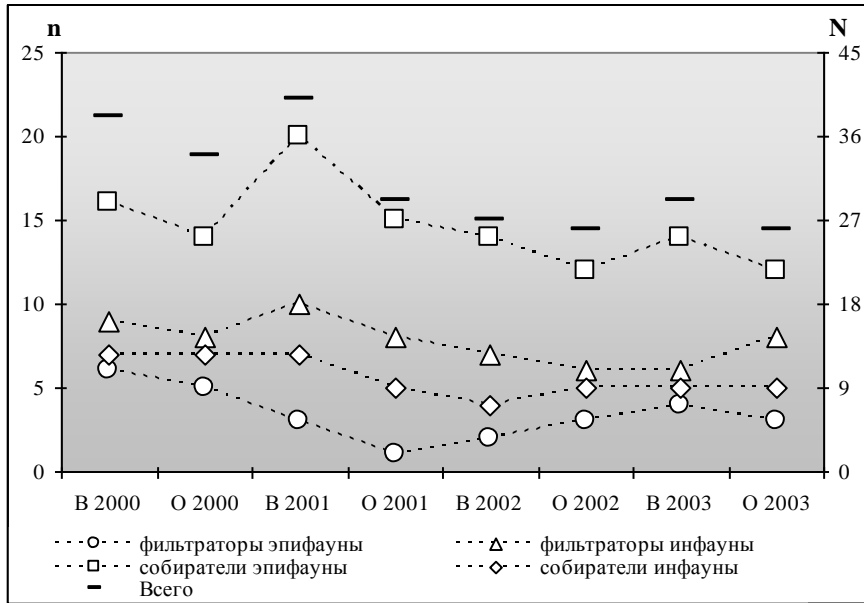


Рис. 2.8 Изменения количества видов, относящихся к различным трофическим группам зообентоса, в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень, n – количество видов в группах, N – общее количество видов

Также две группы животных, но это уже были эпифауна и инфауна, отличались друг от друга по характеру межгодовых изменений биомассы. У организмов эпифауны в 2000-2003 гг. наблюдалось два пика биомассы – в 2000 и 2002 гг., отличавшихся обилием фитопланктона, а два других года характеризовались относительно низкой биомассой.

У организмов инфауны повышение биомассы пришлось на два средних года (2001 и 2002 гг.), отличавшихся повышенным стоком воды и органических веществ. С учетом этих обстоятельств можно предполагать, что межгодовые изменения биомассы зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. в основном определялись трофическими условиями (Войнова и др., 2007б).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

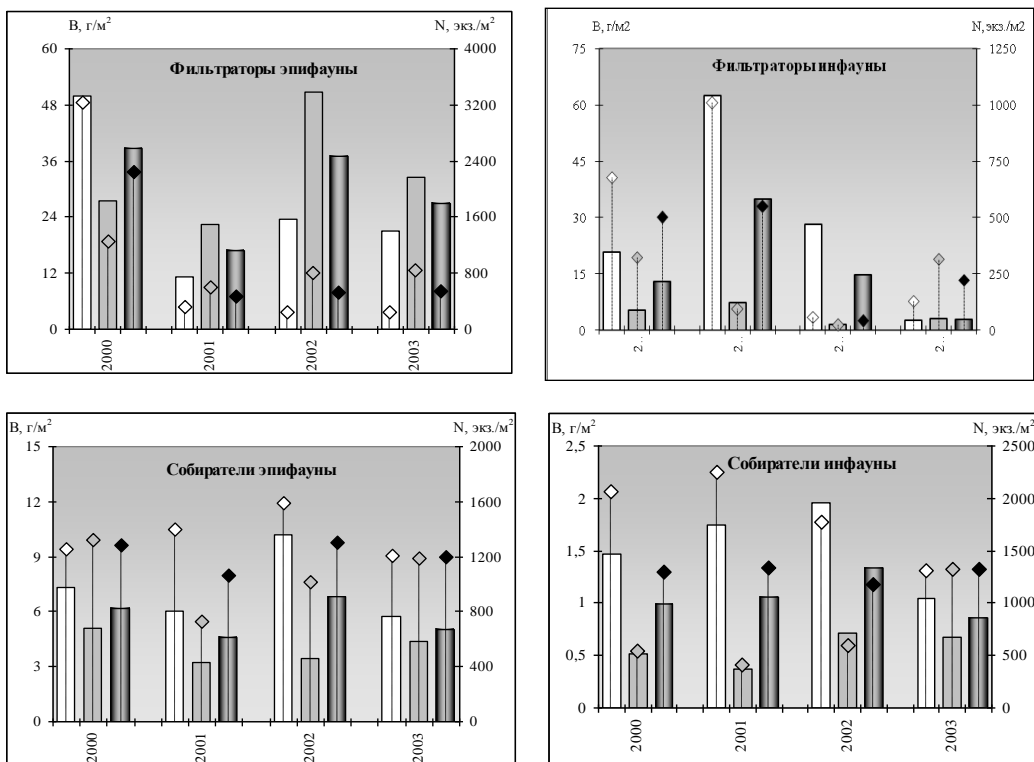


Рис. 2.9 Изменения численности и биомассы организмов, относящихся к различным трофическим группам зообентоса, в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:

В - биомасса (г/м²): □ - весна, ▒ - осень, ■ - год ;
Н - численность (экз./м²): ◇ - весна, ◆ - осень, ◆ - год

Итак, уменьшение видового разнообразия зообентоса, произошедшее в 2001 г., затронуло все трофические группы донных и придонных животных, но численность и биомасса детритофагов от этого не пострадали. Зато в 2001 г. резко снизилась и впредь сохранялась на низком уровне численность сестонофагов. При этом падение численности сестонофагов эпифауны было зафиксировано уже весной, а снижение численности сестонофагов инфауны произошло только осенью этого года.

Кормовая ценность

Для наиболее ценных видов рыб Каспийского моря донные и придонные животные являются не только излюбленной, но и основной пищей. В связи с этим представляет интерес вопрос о том, насколько описанные

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

выше изменения видового разнообразия, эколого-фаунистических комплексов, трофических групп и биологических сообществ донных животных в западной части Северного Каспия в период 2000-2003 гг. отразились на кормовой ценности зообентоса.

Следует отметить, что деление зообентоса на кормовой и некормовой носит условный характер, поскольку бентосоядными рыбами потребляются в той или иной степени все виды донных животных. Однако указанное деление широко используется при оценке кормовой базы рыб, хотя порой и сопровождается уточнением, что речь идет о главных и второстепенных кормовых организмах (Каспийское море, 1985; Сокольский и др., 2002). С учетом этого уточнения такое деление используется и в данной работе.

Подробное описание кормового зообентоса здесь не приводится, поскольку в его состав в основном входят Polychaeta и Crustacea, описанные выше (см. раздел 2.1). Отметим только, что к кормовым организмам относится 4 вида моллюсков, относящихся к родам *Huранis* (3 автохтонных вида) и *Abra* (один вид – средиземноморский вселенец). Два вида *Huранis* обитают в опресненных участках моря и относятся к сестонофагам инфауны. К этой же трофической группе относится третий вид *Huранis* (*H. albida*), обитающий при высокой солености (более 8-10‰). *Abra ovata* обитает в широком диапазоне солености, но избегает пресных вод. Этот вид относится к детритофагам инфауны.

К второстепенным кормовым организмам в соответствии с (Каспийское море, 1985) были отнесены 4 таксона червей (*Turbellaria*, *Nematoda*, *Oligochaeta* и *Hirudinea*) а также 7 видов двустворчатых моллюсков, относящихся к четырем родам: *Cerastoderma* (1 вид), *Didacna* (3 вида), *Mytilaster* (1 вид) и *Dreissena* (2 вида). Все виды, за исключением митилястера и церастодермы, имеющих средиземноморское происхождение, относятся к автохтонному комплексу. Только церастодерма относится к сестонофагам инфауны, а остальные виды являются сестонофагами эпифауны. Три вида *Didacna* и *Dreissena rostriformis* обитают исключительно в морских водах при солености более 8-10‰. Виды средиземноморского происхождения приспособились к широкому диапазону солености, но избегают пресных вод. Только *Dreissena polymorpha* обитает в опресненных участках акватории.

Как следует из данных, приведенных в табл. 2.8, характерной чертой сезонных изменений состояния кормовых и некормовых видов в пери-

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

од 2000-2003 гг. было уменьшение видового разнообразия, численности и биомассы организмов от весны к осени (Войнова и др., 2007а). При этом более ярко оно было выражено у кормовых организмов. Очевидно, что причиной этого снижения является выедание кормового бентоса рыбами в летний период, когда они нагуливаются в западной части Северного Каспия.

Таблица 2.8

Сезонные изменения видового состава, численности и биомассы кормовых и некормовых организмов зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Сезон	Кормовые организмы	Некормовые организмы	Всего
Среднее количество видов			
Весна	29,0	7,0	36,0
Осень	25,3	5,5	30,8
Средняя численность, экз./м ²			
Весна	3596 (3566)	3928	7525 (7495)
Осень	2025	3688	5712
Средняя биомасса, г/м ²			
Весна	42,38 (24,64)	42,21	84,59 (66,85)
Осень	8,20	36,48	44,68

Примечание: см. примечание к табл. 2.6

Анализ межгодовых изменений видового состава животных указывает, на уменьшение видового разнообразия как кормового, так и некормового зообентоса в период исследований, при этом наиболее значительное уменьшение числа видов главных и второстепенных кормовых организмов произошло в 2001 г. (рис. 2.10). Следует отметить, что накануне этого события (весной 2001 г.) видовое разнообразие кормовых организмов достигало максимума, а в 2003 г. зафиксировано увеличение числа видов в группе второстепенных кормовых организмов.

Интересно, что по характеру межгодовых изменений численности группа кормовых организмов слабо отличалась от группы некормовых организмов. В обеих группах численность животных снижалась с 2000 по 2002 гг. (рис. 2.11). Следует отметить, что в первые три года темпы падения численности некормовых организмов были более высокими, чем у кормового зообентоса.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

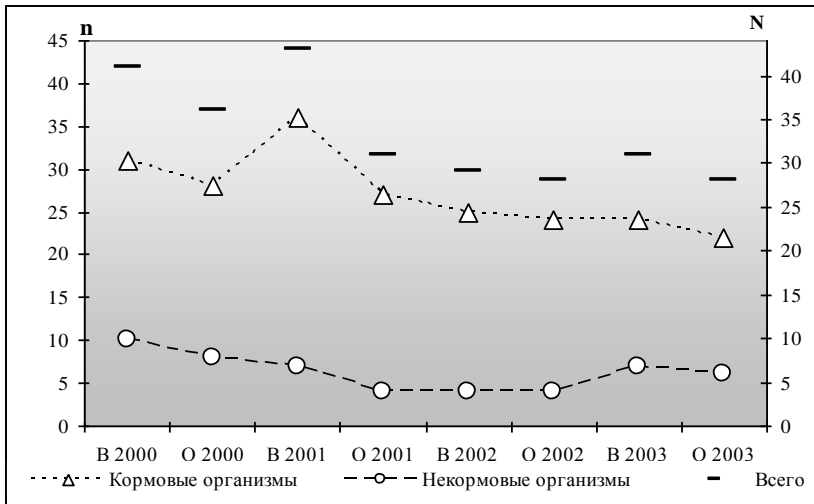


Рис. 2.10 Изменение количества видов биомассы кормовых и некормовых организмов западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень, n – количество видов в группах, N – общее количество видов

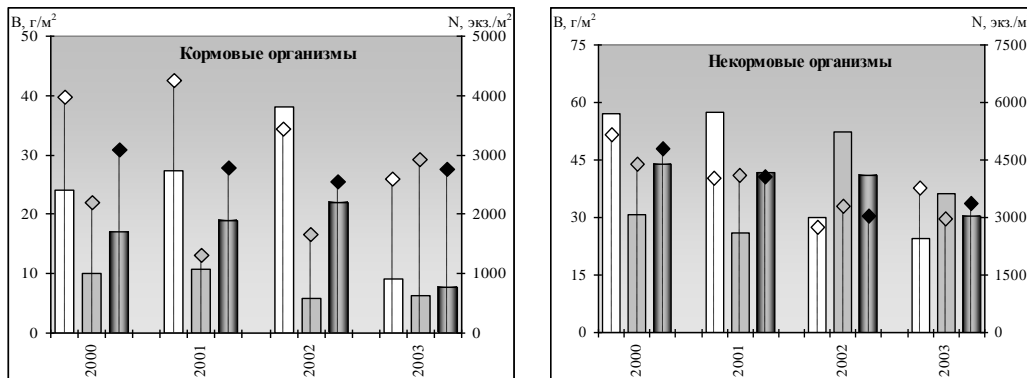


Рис. 2.11 Изменение численности и биомассы кормовых и некормовых организмов западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:
 В - биомасса (г/м²): □ - весна, ▒ - осень, ■ - год
 N - численность (экз./м²): ◇ - весна, ◆ - осень, ◆ - год

В период 2000-2002 гг. наблюдалась повышение средней годовой биомассы кормовых организмов в западной части Северного Каспия (в общем на 23%), тогда как биомасса некормовых животных снижалась, но это снижение было не столь заметным (всего на 13%). В 2003 г. по сравнению с 2002 г. в обеих группах отмечено снижение биомассы на фоне роста численности животных.

Обращает на себя внимание, что сезонные изменения биомассы некормовых организмов в 2000-2001 гг. были аналогичны таковым у кормовых организмов, то есть биомасса животных снижалась от весны к осени. Это указывает на определенное потребление второстепенных кормовых организмов рыбами в этот период. В 2002-2003 гг. характер сезонных изменений биомассы этих животных полностью изменился, она стала возрастать от весны к осени на фоне относительно стабильной численности. По-видимому, вследствие увеличения размеров моллюсков, составляющих основную часть биомассы некормовых организмов, эти животные вообще перестали потребляться рыбами.

Таким образом, в 2001-2002 гг. на фоне повышения численности и биомассы кормовых организмов, второстепенные кормовые организмы, главным образом моллюски, практически утратили свое кормовое значение в связи со снижением численности и увеличением размеров. В 2003 г. по сравнению с предыдущим годом зафиксировано незначительное повышение численности кормовых и некормовых организмов, но их биомасса при этом снизилась. Особенно резким было снижение биомассы кормовых организмов, что позволяет говорить об определенном ухудшении кормовой базы бентосоядных рыб в 2003 г.

2.3.2 Сообщества донных животных и их динамика

Биоценоз Oligochaeta

В состав биоценоза вошли 1 вид полихет, 2 вида моллюсков, и 3 таксона беспозвоночных животных (Nematoda, Oligochaeta, Chironomidae), не определявшихся до вида (рис. 2.12). За исключением олигохет и хиромид, относящихся к пресноводному комплексу, все представители биоценоза являются автохтонными животными. Животные биоценоза, кроме эвригалинных нематод и гипаниолы, чувствительны к изменениям солености и осваивают только опресненные участки акватории.

По способу питания большинство животных являются детритофагами, только моллюски являются сестонофагами, а олигохеты относятся к буравящим грунт животным (Шурова, 2003). Данный биоценоз распространен в северной части рассматриваемой акватории, прилегающей к отмелой части устьевого взморья Волги, и приурочен к относительно мягким (илисто-песчаным) грунтам.

Биоценоз Cumacea

В состав данного биоценоза включены 12 видов ракообразных животных, относящихся к двум отрядам: Cumacea и Amphipoda (рис. 2.14). При этом кумовые раки были представлены 5 видами, а амфиподы – 7 видами, относящимися к двум семействам: Gammaridae (5 видов) и Corophiidae (2 вида).

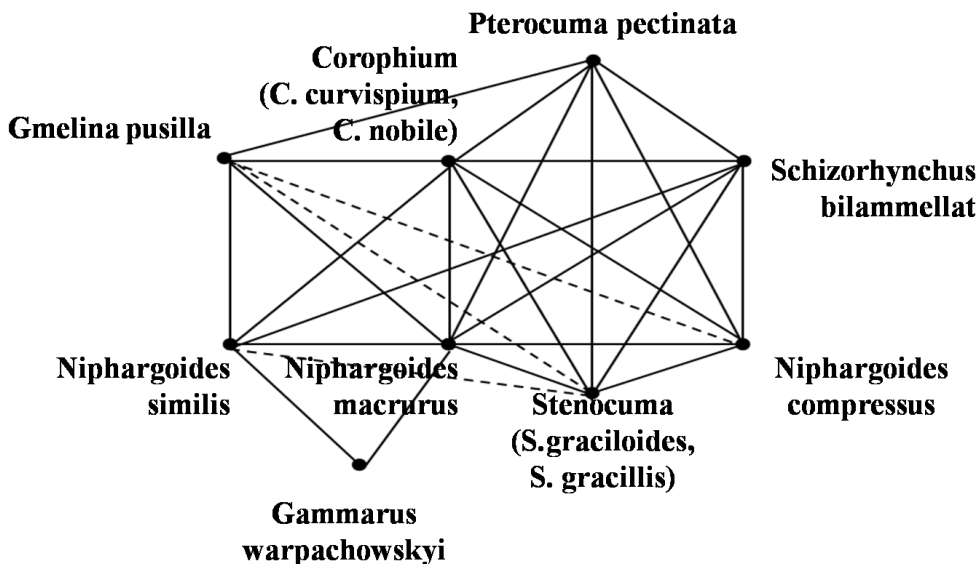


Рис. 2.14 Состав донного биоценоза Cumacea в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

В состав данного биоценоза входят только автохтонные виды, большинство которых эвригалинны, т.е. способны переносить колебания солености от 0-2 до 13‰. Исключение составляют только два вида корофиид, обитающие в опресненных участках моря. Эти же два вида относятся к сестонофагам инфауны, тогда как остальные виды являются детритофагами эпифауны.

Данный биоценоз так же, как биоценоз Oligochaeta, распространен в северной части рассматриваемой акватории, прилегающей к отмелой части устьевого взморья Волги, но приурочен к более жестким песчаным грунтам.

Биоценоз Didacna

В состав данного биоценоза включены 6 видов ракообразных животных и 5 видов моллюсков (рис. 2.15), при этом ракообразные

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

представлены двумя семействами: Gammaridae (4 вида) и Corophiidae (2 вида).

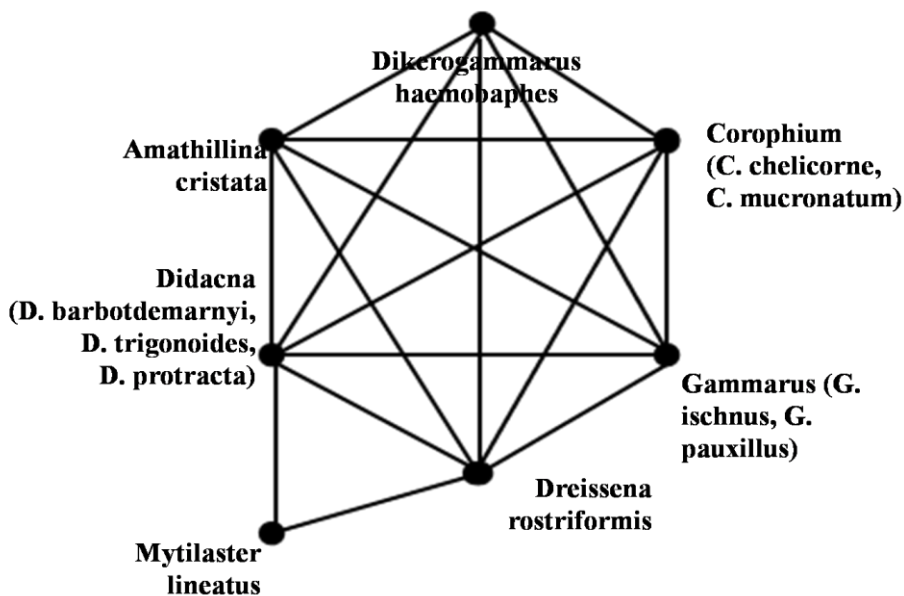


Рис. 2.15 Состав биоценоза *Didacna* зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Все виды данного биоценоза являются представителями автохтонного каспийского комплекса, за исключением *Mytilaster lineatus* – вселенца средиземноморского происхождения. Большинство видов (6 из 11) способны жить только при высокой солености (более 8-10‰), остальные обитают в широком диапазоне солености (0-13‰), а из них только митилястер избегает пресных вод.

Животные, входящие в этот биоценоз, принадлежат к четырем трофическим группам. Один вид гаммарид ведет хищный образ жизни, два вида корофиид относятся к сестонофагам инфауны, остальные ракообразные (3 вида) являются детритофагами эпифауны, а наибольшее видовое разнообразие (5 видов моллюсков) в этом биоценозе свойственно сестонофагам эпифауны. Данный биоценоз распространен в глубоководной части рассматриваемой акватории на жестких грунтах с примесью ракуши.

Как следует из данных, приведенных в табл. 2.9, характерной чертой сезонных изменений всех биоценозов зообентоса в период 2000-2003 гг. было незначительное уменьшение видового разнообразия и снижение

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

численности и биомассы организмов от весны к осени. Только в биоценозе *Didacna* отмечено повышение биомассы осенью по сравнению с весной. Сезонное уменьшение видового разнообразия в биоценозах, оказалось менее выраженным, чем в трофических группах и эколого-фаунистических комплексах. Это объясняется тем, что в состав биоценозов попало только 63% видов и таксонов из общего списка донных и придонных животных.

Таблица 2.9

Сезонные изменения видового состава, численности и биомассы различных биоценозов зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Сезон	Биоценозы				Всего
	Oligochaeta	Cumacea	Nereis	Didacna	
Среднее количество видов					
Весна	5,5	11,0	4,0	8,3	28,8
Осень	5,5	9,5	3,8	7,0	25,8
Средняя численность, экз./м ²					
Весна	3729	1481	622	1503	7337
Осень	3444	529	491	1139	5605
Средняя биомасса, г/м ²					
Весна	7,51	1,12	19,58	26,88	55,09
Осень	5,17	0,33	4,71	33,47	43,68

Анализ межгодовых изменений видового состава биоценозов (рис. 2.16) показал, что число видов, входящих в биоценозы *Oligochaeta* и *Nereis*, в течение рассматриваемого периода времени оставалось относительно стабильным.

В период с весны 2001 г. по весну 2002 г. наблюдалось увеличение видового разнообразия биоценоза *Cumacea*.

Наиболее яркой выраженной особенностью динамики видового состава биоценозов следует признать резкое уменьшение числа видов, входящих в биоценоз *Didacna*, произошедшее в 2001 г. В последующем видовое разнообразие этого сообщества донных животных вновь увеличилось, но все равно не достигло уровня, наблюдавшегося в 2001 г.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

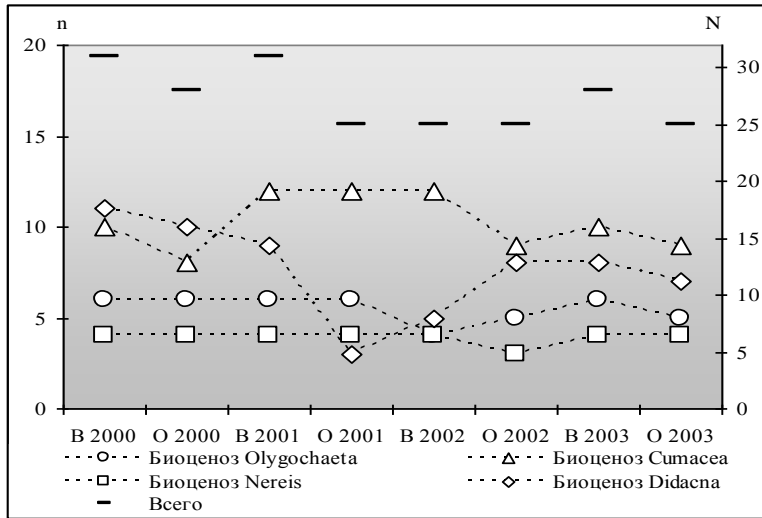


Рис. 2.16 Изменение числа видов, относящихся к различным сообществам донных животных, в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень, n – количество видов в группах, N – общее количество видов

В 2001-2002 гг., отличающихся повышенным стоком р. Волги, зарегистрирован рост биомассы животных, входящих в состав биоценозов *Oligochaeta* и *Cumacea*, расположенных в мелководных опресненных участках акватории. При этом численность животных, относящихся к первому сообществу, в течение 2000-2003 гг. оставалась относительно стабильной, а численность животных относящихся ко второму сообществу, постепенно возрастала (рис. 2.17).

Рост численности животных в период 2000-2003 гг. зарегистрирован и в сообществе *Nereis*. Биомасса организмов этого сообщества в 2002-2003 гг. практически не отличалась от таковой в 2001 г. На этом фоне весной 2001 г. зарегистрирована повышенная численность и биомасса животных, которая целиком была обусловлена «вспышкой» в динамике только одного вида – *Cerastoderma lamarski*.

Биоценоз *Didacna* от других сообществ отличают самые значительные по своему размаху межгодовые изменения численности и биомассы организмов. Минимальных значений эти параметры достигли в 2001 г. В последующие годы биомасса животных вновь возросла (в 2003 г. – до уровня 2001 г.), а численность осталась на низком уровне (ее минимальные значения зарегистрированы в 2002 г.).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

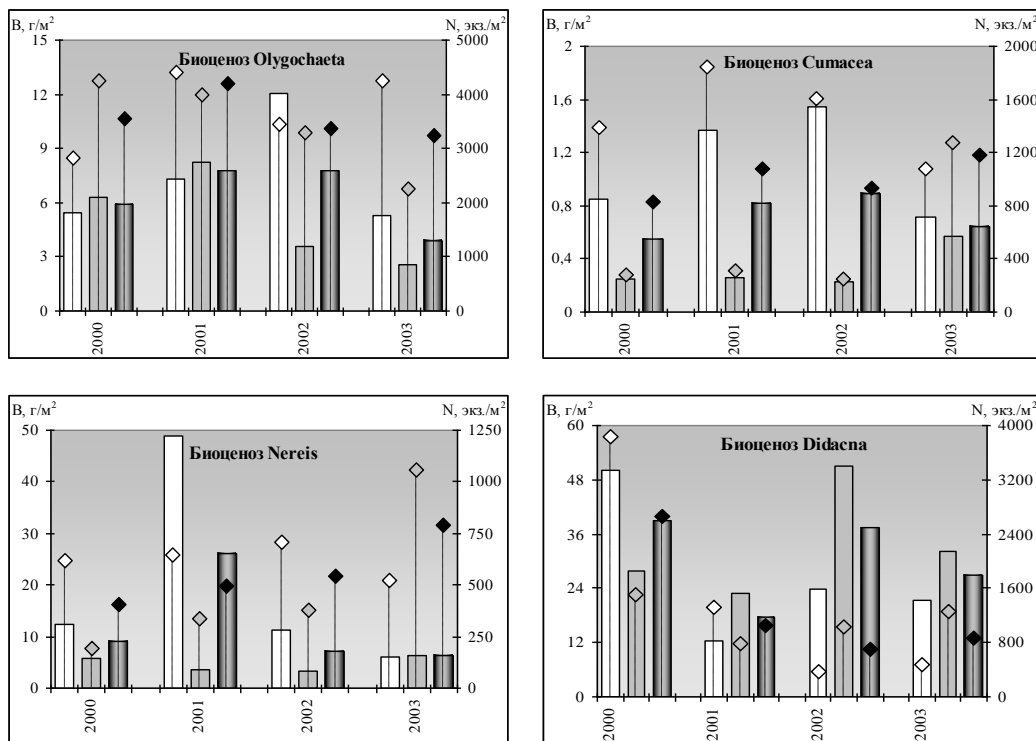


Рис. 2.17 Изменение численности и биомассы организмов, относящихся к различным биоценозам донных животных в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:

В - биомасса (г/м²): □ - весна, ▒ - осень, ■ - год
N - численность (экз./м²): ◇ - весна, ◆ - осень, ◆ - год

Таким образом, по характеру межгодовой изменчивости видового состава, численности и биомассы животных в 2000-2003 гг. биоценоз *Didacna* существенным образом отличался от других донных сообществ западной части Северного Каспия (Войнова и др., 2006б). Их состояние можно назвать относительно стабильным по сравнению с данным сообществом, пережившим в 2001 г. своеобразный «кризис», выразившийся в резком уменьшении видового разнообразия, снижении численности и биомассы животных.

2.3.3 О причинах изменения состояния зообентоса

В предыдущих разделах главы были определены основные особенности межгодовых изменений состояния зообентоса в западной части Се-

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

верного Каспия в 2000-2003 гг., анализу причин этих изменений посвящен данный раздел работы.

Прежде чем приступить к анализу, сравним данные, полученные при проведении производственного экологического мониторинга (ПЭМ) с данными рыбохозяйственных исследований (РХИ). Сведения о состоянии зообентоса по данным РХИ в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. опубликованы в нескольких работах (Полянинова и др, 2001; Сокольский и др., 2002; Ардабьева и др., 2003; Ардабьева и др., 2004), их мы используем для сравнения (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Видовой состав и биомасса зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. по данным производственного экологического мониторинга и рыбохозяйственных исследований

Таксоны	Годы								
	1978-2000	2000		2001		2002		2003	
	РХИ	РХИ	ПЭМ	РХИ	ПЭМ	РХИ	ПЭМ	РХИ	ПЭМ
Биомасса, г/м ²									
Vermes	11,1	5,5	4,1	6,6	4,5	7,3	6,1	5,7	4,9
Crustacea	7,3	2,4	1,3	7,4	1,6	4,8	1,2	1,6	1,1
Mollusca	72,4	54,8	55,5	31,6	54,4	34,7	55,7	23,4	32,0
Сумма	90,8	62,7	60,9	45,6	60,5	46,8	63,0	30,7	38,0
Видовой состав									
Всего видов	234*	87	38	76	36	65	28	71	27

Примечание: а) данные РХИ – июнь, данные ПЭМ – среднее значение из двух съемок (весенней и осенней); б) данные РХИ о видовом составе относятся ко всему Северному Каспию, а данные ПЭМ – только к его западной части; * – по данным (Каспийское море, 1985)

И по данным РХИ, и по данным ПЭМ биомасса зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. оказалась существенно ниже, чем в предыдущие два десятилетия (табл. 2.10). Следует отметить, что тенденция снижения биомассы зообентоса проявилась уже в 90-е годы после достижения ей максимальных значений (140-170 г/м²) во второй половине 80-х годов (Атлас, 2002). Можно сказать, что в начале нового столетия она вновь вернулась к уровню 1964-1979 гг. (64,7 г/м²), а в 2003 г. – к уровню 1947-1957 гг. (31,9 г/м²). Цифры, указанные в скобках и обозначающие среднее годовое значение биомассы зообентоса, рассчитаны по еже-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

годным данным, приведенным в (Гидрометеорология и гидрохимия морей, 1996).

Сравнивая цифры, приведенные в табл. 2.10, легко заметить, что биомасса *Vermes* и *Crustacea* по данным ПЭМ ниже, а биомасса *Mollusca* выше, чем по данным РХИ. Это объясняется тем, акватория, где проводился ПЭМ, в отличие от акватории, охваченной РХИ, с одной стороны, не включала в себя мелководные (менее 3 м) участки (места обитания *Vermes* и *Crustacea*), а с другой стороны, была более выдвинута в глубоководную часть моря (места обитания *Mollusca*).

Важно другое, а именно то, что межгодовые изменения биомассы зообентоса по данным РХИ и ПЭМ практически совпадали друг с другом и по характеру и по тенденциям. Различие касалось только моллюсков, – на фоне общего снижения биомассы ее резкое падение по данным РХИ наблюдалось уже 2001 г., а по данным ПЭМ – только в 2003 г. Это расхождение можно объяснить различием акваторий ПЭМ и РХИ. Важность же выявленного совпадения обусловлена тем, что в перечисленных выше работах указывается на определенные причины изменений состояния зообентоса в западной части Северного Каспия в начале столетия.

Так, снижение численности и биомассы организмов морского комплекса в 2001 г. объяснялось «распреснением северо-каспийских вод» (Сокольский и др., 2002, стр. 131, 136). Зарегистрированное по данным РХИ в 2002 г. некоторое повышение биомассы моллюсков на фоне их низкой численности в работе (Ардабьева и др., 2003) трактуется как снижение их молоди и объясняется «распреснением водоема, а также возможным выеданием личинок *Bivalvia* гребневиком» (там же, стр. 140). В работе (Малиновская, Кочнева, 2005) указывается на последующее снижение биомассы зообентоса в западной части Северного Каспия в 2004 г., коснувшееся не только моллюсков, но и ракообразных, а также червей (в этом году исследования КаспНИРХа проводились только на мелководье, до 6-ти метровой изобаты). При этом данное явление объясняется следующим образом: «На низкий уровень развития моллюсков оказал влияние ряд факторов, основным из которых, возможно является распреснение водоема... Негативное воздействие на развитие моллюсков оказывает и стихийный вселенец гребневик *мнемиопсис*, который активно использует в пищу их личинок... Низкие биомассы ракообразных, вероятно, обусловлены выеданием бентофагами, так как из-за недостатка в зообентосе моллюсков

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

многие виды рыб изменили свой пищевой рацион, что увеличило пресс на донных рачков» (там же, стр.144).

В названных выше работах, основной причиной изменения состояния зообентоса в 2000-2003 гг. называется распреснение западной части Северного Каспия, а второстепенной причиной – воздействие гребневика. В связи с этим следует отметить, что в указанный период времени соленость западной части Северного Каспия оставалась стабильной и, более того, в 2003-2004 гг. наблюдалось ее повышение. Исходя из этого «распреснение водоема», по-видимому, не следует относить к числу факторов, воздействующих на донные организмы в 2000-2003 гг. В то же время нельзя исключать, что снижение биомассы зообентоса в 90-е годы, когда распреснение действительно имело место, объясняется его влиянием.

В работе (Малиновская, Кочнева, 2005) указывается также на уменьшение видового разнообразия Северного Каспия в первые годы XXI-го века, и в этом отношении данные РХИ совпадают с данными ПЭМ (табл. 2.10). Видовой состав зообентоса по данным РХИ включает в себя в два раза больше видов, чем по данным ПЭМ. Это объясняется тем, что данные РХИ освещают всю акваторию Северного Каспия, а данные ПЭМ – только его западную часть. Кроме того, при проведении ПЭМ из общего перечня исключались виды, встречаемость которых не превышала 10%. Вообще же, в зообентосе Северного Каспия открыто 234 вида беспозвоночных животных (Каспийское море, 1985). Отличие этой цифры от данных РХИ и ПЭМ объясняется тем, что она включает в себя все виды, когда-либо встреченные в Северном Каспии, а также тем, что при проведении РХИ и ПЭМ некоторые таксоны не определялись до вида.

Одной из возможных причин изменения состояния зообентоса в западной части Северного Каспия в начале столетия считается воздействие гребневика мнemiопсиса, появление которого в Каспийском море впервые обнаружено в 1999 г. (Сокольский, Камакин, 2002). В следующем году гребневик расселился по всему морю, его появление в западной части Северного Каспия наблюдалось в сентябре-октябре, при этом было установлено, что границей распространения гребневика является изогалина 4‰ (Сокольский и др., 2001).

Но первое массовое проникновение гребневика в Северный Каспий произошло только в 2001 г., когда его биомасса здесь увеличилась по сравнению с 2000 г. почти на порядок (с 26,4 до 213,0 г/м²). В последующие годы появление гребневика в Северном Каспии характеризовалось

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

двухлетней периодичностью. В 2002 г. биомасса гребневика снизилась до 46,5 г/м², в 2003 г. вновь возросла до 256,4 г/м² (Сокольский, Камакин, 2004). В 2004 г. биомасса мнемииопсиса в Северном Каспии снизилась по сравнению с 2003 г. примерно в 2 раза (Карпюк и др., 2005).

Обращает на себя внимание, что резкое изменение состояния зообентоса в западной части Северного Каспия, описанное в предыдущих разделах главы, произошло в 2001 г. в промежуток времени между двумя съемками (весенней и осенней), то есть как раз после первого массового проникновения гребневика в западную часть Северного Каспия. Это дает основание предполагать, что именно его воздействие явилось основной причиной изменения состояния зообентоса в рассматриваемый период времени (Войнова и др., 2007а).

В пользу этого предположения говорят некоторые из особенностей динамики зообентоса, установленные в предыдущих разделах главы, в частности, снижение численности моллюсков, имеющих планктонную личинку, и потому непосредственно подверженных воздействию гребневика. С другой стороны, среди этих особенностей есть и те, что на первый взгляд, трудно объяснить этим воздействием. Таковой является, например, уменьшение видового разнообразия, затронувшее только автохтонную фауну. Вызывает много вопросов и воздействие гребневика на кормовые организмы, биомасса которых возросла с 2000 г. по 2002 г. и только потом резко снизилась. В общем, для того, чтобы с большей определенностью говорить о воздействии гребневика на зообентос, как основной причине изменения его состояния, надо установить механизм этого воздействия.

Для решения этой задачи далее детально анализируются изменения видового состава, численности и биомассы Amphipoda и Lamellibranchiata, а также кормовых организмов с подразделением их на группы животных, отличающихся друг от друга по требованиям к солености и типу питания.

Сокращение видового состава моллюсков в 2001 г. затронуло только виды, обитающие в опресненных и морских участках акватории, и не коснулось эвригалинных видов, избегающих пресных вод (рис. 2.18а). При этом в последующие годы видовой состав моллюсков, обитающих в опресненных участках акватории, полностью восстановился. Что касается морских моллюсков, то один из видов *Didacna trigonoides*, после 2001 г. больше не встречался в сборах зообентоса, два других вида вида *Didacna protracta* и *Dreissena rostriformis* были найдены только один раз, а в 2003 г. из сборов исчез *Hypanis albida*.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

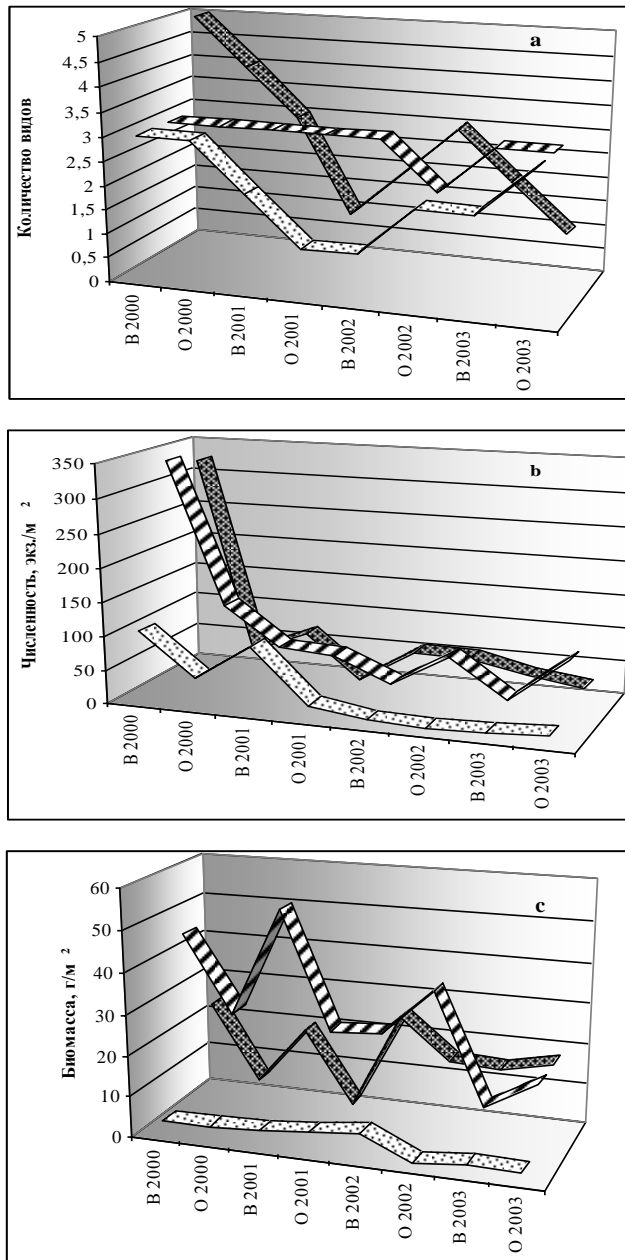


Рис. 2.18 Изменения видового состава (а), численности (б) и биомассы (с) моллюсков, относящихся к различным эколого-фаунистическим комплексам в западной части Северного Каспия в период 2000-2003 гг.:

В – весна, О – осень

- ▣ Стеногалинные виды (солончатоводные) ($S < 2-6\text{‰}$) ▤ Эвригалинные ($S = 2-13\text{‰}$)
- ▥ Стеногалинные виды (морские) ($S > 8-10\text{‰}$)

Примечание: численность эвригалинных моллюсков на рисунке уменьшена в 10 раз

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Только один вид морских моллюсков *Didacna barbotdemarnyi* постоянно присутствовал в зообентосе. Это говорит о том, что моллюски, обитающие исключительно в морских водах, практически не имеют убежища от гребневика.

Что касается эвригалинных и солоноватоводных моллюсков, то ареал распространения гребневика лишь частично покрывает их ареал. Остаются еще участки с соленостью менее 4-5‰, куда гребневик не проникает и которые используются этими моллюсками для размножения.

Падение численности у морских и эвригалинных моллюсков наблюдалось уже в 2000 г. (рис. 2.18b). По-видимому, выедание гребневиком их личинок, в том числе в Среднем Каспии, откуда могут попадать в северную часть моря, сказалось на пополнении популяций.

В дальнейшем численность этих моллюсков пребывала на низком уровне, испытывая определенные колебания, определяемые балансом пополнения и смертности животных, большая часть которых относится к второстепенным кормовым организмам.

Падение численности моллюсков, обитающих в опресненных водах, произошло в 2001 г., когда и в их ареал проник гребневик. Вслед за этим их численность также колебалась, при этом на ее убыль, по-видимому, влияло также выедание животных рыбами, поскольку среди этих моллюсков преобладают кормовые организмы.

Отсутствие или снижение пополнения благоприятно повлияло на рост выживших моллюсков, постепенное (на фоне сезонных колебаний) снижение биомассы которых наблюдалось только у эвригалинных видов (рис. 2.18с), тогда как биомасса морских видов даже несколько возросла (сначала за счет *Hypanis albida*, а затем за счет *Didacna barbotdemarnyi*).

Это важное обстоятельство, указывающее, что при низком уровне пополнения популяций, морские автохтонные моллюски (даже в условиях сокращения своего видового разнообразия), составляют успешную конкуренцию эвригалинным средиземноморским видам. В результате в 2000-2003 гг. происходило увеличение вклада морских автохтонных видов в общую биомассу моллюсков (рис. 2.19). Относительная стабильность биомассы моллюсков на фоне резких изменений численности и видового состава указывает на важную роль трофического фактора в регуляции их биомассы.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

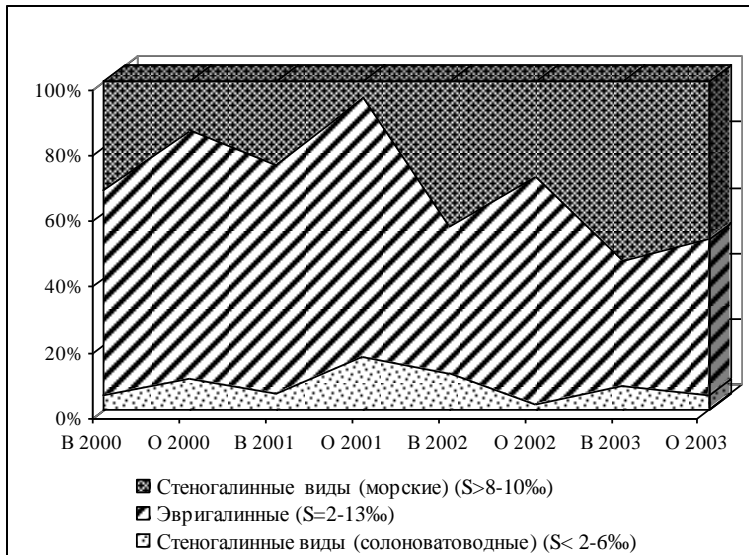


Рис. 2.19 Изменения вклада (%) моллюсков, относящихся к различным эколого-фаунистическим комплексам, в общую биомассу в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень

Как следует из диаграммы, изображенной на рис. 2.20, в годы повышенного стока Волги (2001-2002 гг.) благоприятные условия складывались для роста моллюсков, относящихся к фильтраторам инфауны. В 2000 и 2002 гг., отличающиеся высокой численностью и биомассой фитопланктона, условия благоприятствовали фильтраторам эпифауны. При этом митилястер, составлявший основную часть биомассы фильтраторов эпифауны, в последующем уступил свое место автохтонным моллюскам. В 2003 г. условия также благоприятствовали фильтраторам эпифауны, но их биомасса снизилась по сравнению с 2002 годом, в чем сказалось, по-видимому, отсутствие пополнения популяций. В целом, говоря о воздействии гребневика на моллюсков западной части Северного Каспия, следует обращать внимание на следующие моменты. Автохтонные морские моллюски более всего подвержены этому воздействию, потому что их ареал, в отличие от ареала эвригалинных и солонатоводных животных, полностью совпадает с ареалом распространения гребневика. Однако, при низком пополнении популяций и благоприятных трофических условиях автохтонные морские моллюски составляют успешную конкуренцию эвригалинным средиземноморским видам. Существует «планка» пополнения популяций, выше которой биомасса моллюсков контролируется трофиче-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ским фактором (при прочих стабильных условиях), а ниже – балансом воспроизводства и убыли животных.

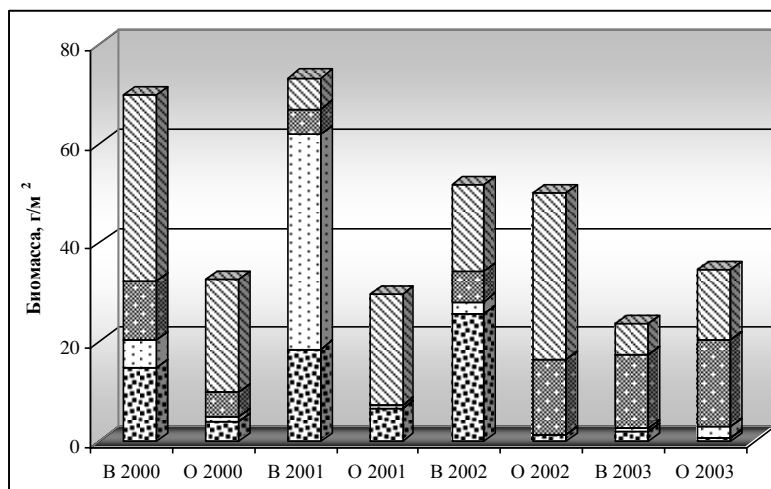


Рис. 2.20 Изменения биомассы моллюсков, относящихся к различным трофическим группам, в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:

В – весна, О – осень

Фильтраторы эпифауны:

▨ Mytilaster

▨ Другие моллюски

Фильтраторы инфауны:

▨ Cerastoderma

▨ Nyparis

Говоря о воздействии гребневика на амфипод, прежде всего надо установить, прямой или косвенный характер оно носит. Известно, что скопления активного гребневика в Северном Каспии могут образовываться непосредственно у дна (Камакин и др., 2005). В связи с этим теоретически нельзя исключать того, что молодь амфипод может стать добычей мнемипсиса. В то же время донные и придонные ракообразные обладают определенными защитными средствами (морфологическими и поведенческими), позволяющими им избегать прямого воздействия гребневика. По нашему мнению, это воздействие носит в основном косвенный характер, т.е. определяется интенсивным выеданием ракообразных рыбами-бентофагами при общем истощении кормовой базы. Сокращение видового разнообразия в 2001 г. у амфипод так же, как у моллюсков, затронуло прежде всего морские виды, обитающие при высокой солености, хотя эта экологическая группа не отличается большим разнообразием. В нее включено всего три вида, которые осенью 2001 г., а также весной следующего года отсутствовали в сборах зообентоса. Осенью 2002 г. было найдено два вида, а в следующем году – только один вид (рис. 2.21а).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

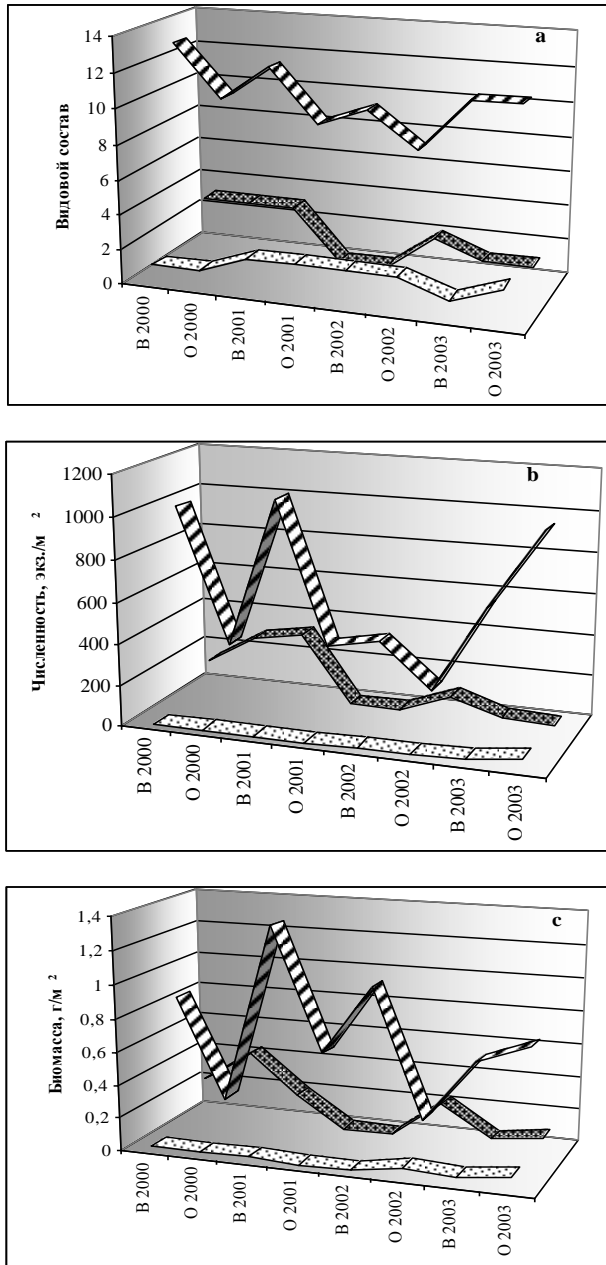


Рис. 2.21 Изменения видового состава (а), численности (б) и биомассы (с) амфипод, относящихся к различным экологическим комплексам, в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень

▣ Стеногалинные виды (солончатоводные) ($S < 2-6\%$) ▤ Эвригалинные ($S = 0-13\%$)
 ▥ Стеногалинные виды (морские) ($S > 8-10\%$)

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

В отличие от моллюсков, сокращение видового состава у амфипод было зарегистрировано также среди эвригалинных видов, а число видов амфипод, обитающих в опресненных участках акватории, в 2001-2002 гг., наоборот, возросло. Сокращение видового состава эвригалинных амфипод носило временный характер, в 2003 г. число их видов вновь увеличилось.

Таким образом, реакция разнообразия амфипод на воздействие гребневика оказалась в принципиально схожей с таковой у моллюсков. У обоих таксонов сократилось число морских видов, а состав эвригалинных и солоноватоводных видов не изменился, либо это изменение носило временный характер. Общее правило таково: виды, способные к обитанию при солености менее 4-5‰, являющейся границей распространения гребневика в Северном Каспии, более устойчивы к его воздействию по сравнению с морскими видами, ареал которых не выходит за пределы этой границы.

Изменения биомассы амфипод совпадают с изменениями их численности, что объясняется небольшими по сравнению с моллюсками размерами этих организмов. Поэтому вслед за снижением численности морских амфипод (рис. 2.21b), аналогичным падению численности морских моллюсков, последовало уменьшение их биомассы (рис. 2.21с).

Для амфипод, являющихся кормовыми организмами, характерен большой размах сезонных колебаний численности и биомассы, поэтому для оценки межгодовой изменчивости лучше использовать средние годовые значения, приведенные в табл. 2.11.

Таблица 2.11
**Средние годовые значения численности (N, экз/м²) и биомассы (B, г/м²)
различных экологических групп в западной части Северного Каспия
в 2000-2003 гг.**

Год	Солоноватоводные (соленость менее 6‰)		Эвригалинные (соленость от 0 до 13‰)						Морские (соленость более 8‰)	
			Всего		Биоценоз <i>Didacna</i>		Прочие			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
2000	3	0,02	664	0,58	347	0,31	317	0,28	189	0,335
2001	1	0,01	717	0,95	428	0,66	290	0,30	163	0,098
2002	7	0,03	317	0,62	128	0,18	188	0,44	45	0,112
2003	34	0,06	815	0,67	316	0,31	490	0,36	13	0,057

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Эти данные также указывают на снижение численности и биомассы морских амфипод в 2000-2003 гг. В это же время численность и биомасса эвригалинных и солоноватоводных видов постепенно возрастала. Следует отметить, что на фоне этого роста было зарегистрировано снижение численности и биомассы солоноватоводных видов в 2001 г., а эвригалинных видов – в 2002 г. При этом снижение биомассы эвригалинных амфипод произошло исключительно за счет видов, входящих в биоценоз морских моллюсков, именуемый в данной работе биоценозом *Didasna*.

Полученные результаты свидетельствуют, что основным объектом воздействия гребневика на Amphipoda в рассматриваемый период времени были морские, а также входящие в состав биоценоза морских моллюсков эвригалинные животные, так как у них было зарегистрировано сокращение видового состава и снижение биомассы организмов. Следовательно, воздействие гребневика на амфипод, связанное с усилением выедания рачков рыбами-бентофагами при общем истощении кормовой базы, в основном, носило локальный характер, проявляясь только глубоководной части акватории, являющейся местом обитания морских моллюсков. Можно говорить и о слабом воздействии гребневика на мелководных амфипод, оно выразилось в снижении численности и биомассы солоноватоводных видов в 2001 г., и снижении численности обитающих на мелководе эвригалинных видов в 2001-2002 гг.

Сделанная выше оценка вклада Amphipoda в изменение кормовой части зообентоса не дает ответа на вопрос: почему, несмотря на воздействие мнемипсиса, суммарная биомасса кормовых организмов оставалась относительно стабильной вплоть до 2003 г.? Для того, чтобы ответить на него следует принять во внимание, что основной вклад (равный 80-90%), в биомассу кормовых организмов в 2000-2003 гг. вносили всего 4 вида: автохтонный морской *Hupanis albida*, автохтонный солоноватоводный *Hupanis angusticostata* и два эвригалинных, но избегающих пресных вод средиземноморских вселенца *Abra ovata* и *Nereis diversicolor*. Оставшуюся часть кормовых организмов в основном составляли ракообразные, динамика которых рассмотрена выше, поэтому далее рассматриваются только названные четыре вида.

Как следует из диаграмм, изображенных на рис. 2.22, рост биомассы кормовых организмов в 2000-2002 гг. происходил исключительно за счет видов двух видов *Hupanis*, численность которых резко упала в 2001 г. То есть прирост биомассы в 2002 г. был обеспечен исключительно увели-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

чением размеров моллюсков. Учитывая убыль от выедания и смертности, это не могло продолжаться долго, в 2003 г. *Hyranis albida* исчез из сборов зообентоса, а биомасса *Hyranis angusticostata* оказалась в несколько раз ниже своих обычных значений.

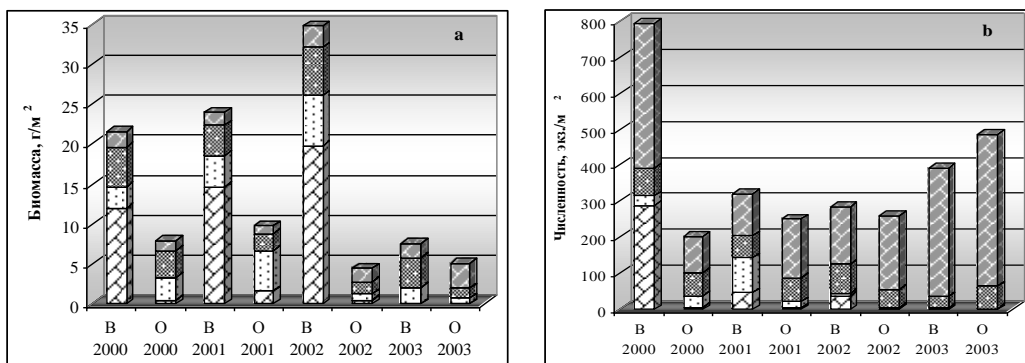


Рис. 2.22 Изменения биомассы (а) и численности (б) основных кормовых организмов в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.: В – весна, О – осень

H. albida
 H. angusticostata
 A. ovata
 N. diversicolor

Таким образом, задержка в реакции кормового зообентоса на воздействие гребневика объясняется биологическими особенностями кормовых моллюсков (медленным ростом, сравнительно крупными размерами, относительно большой продолжительностью жизни).

Что касается двух других видов (абры и нерейса), занимающих одну экологическую нишу, ради пополнения которой они и были интродуцированы в Каспийское море (Каспийское море, 1985), то на том же рис. 2.22 хорошо видно, что численность и биомасса абры в течение всего рассматриваемого периода времени были стабильными. То же самое можно сказать и о биомассе нерейса, снижение численности которого в 2000 г. мы объясняем гипоксией, сформировавшейся в придонном слое (в последующие годы ее не наблюдалось), в дальнейшем численность нерейса постепенно восстанавливалась.

Приведенные данные указывают, что *Abra ovata* был единственным из моллюсков (проживавших в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.), который не испытал воздействие гребневика. Вероятно, это было обусловлено тем, что максимум размножения абры приходится на период с

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

апреля по июль (Иванов, Сокольский, 2000), предшествующий появлению гребневика в Северном Каспии (август-октябрь). Важно и то, что в условиях стабильной численности и биомассы абры ее спутник нереис также был защищен от воздействия, хоть и косвенного, гребневика мнемнопсиса.

Эти данные подтверждают высказанное выше мнение о том, что воздействие гребневика на кормовые организмы, не относящиеся к моллюскам, но обитающие вместе с ними, носит локальный характер. При этом степень косвенного (за счет увеличения пресса) воздействия на ракообразных и червеобразных животных зависит от степени прямого воздействия на моллюсков. Чем сильнее прямое воздействие, обуславливающее снижение биомассы главных и второстепенных кормовых моллюсков, тем больший пресс ложится на рачков и червей. Это второе правило, которым можно руководствоваться при оценке воздействия гребневика на зообентос Северного Каспия. Если оно верно, то вслед за снижением численности и биомассы солоноватоводных моллюсков в 2003 г. должно было последовать резкое снижение численности и биомассы ракообразных в мелководной зоне. Данные рыбохозяйственных исследований, проведенных в 2004 г. (Малиновская, Кочнева, 2005), фактически подтвердили это правило.

Подводя итоги, следует отметить, что благодаря проведенным исследованиям удалось с большей, чем ранее, долей определенности установить основную причину изменения состояния зообентоса в западной части Северного Каспия в 2003-2004 гг., каковой мы считаем воздействие гребневика мнемнопсиса. Кроме того, анализ выявленных механизмов этого воздействия позволит затем оценить последствия вселения гребневика для кормовой базы рыб, нагуливающих на данной акватории.

2.4 Особенности пространственного распределения зообентоса на акватории западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

2.4.1 Зообентос различных зон западной части Северного Каспия

Зона мелководья

Простирается с востока на запад от Кулалинского порога до Дагестанского побережья, с севера на юг от морского края дельты до свала глубин. Глубина изменяется от 1 до 5 м, соленость от 0,3 до 7,0‰, доминирующий тип донных отложений – алеврит и мелкозернистый песок.

В весенний сезон в данной зоне обитали от 9 до 20 видов животных, среди которых наибольшим видовым разнообразием отличались Amphipoda. Осенью здесь встречались от 6 до 22 видов, наиболее богатый видовой состав имели также Amphipoda.

Из типов животных наибольшую биомассу и весной и осенью имели Lamellibranchiata. Среди видов донных животных наибольшую биомассу весной и осенью имели *Hupanis anqusticostata*, относящийся к кормовым организмам, и представители класса Oligochaeta, являющиеся второстепенными кормовыми организмами (рис. 2.23).

Зона свала глубин

Простирается с востока на запад от банки Кулалинской до о. Чечень, с севера на юг от 5-ти до 10-ти метровой изобаты. Глубина изменяется от 5 до 10 м, соленость от 7 до 12‰, доминирующий тип донных отложений – мелкозернистый песок и ракуша.

Весной в данной зоне обитали от 7 до 23 видов животных, среди которых наибольшим видовым разнообразием отличались Cumacea, Amphipoda и Lamellibranchiata. Осенью здесь встречались от 2 до 21 видов, наиболее богатый видовой состав имели Lamellibranchiata.

Из типов животных наибольшую биомассу и весной и осенью имели Lamellibranchiata. Среди видов донных животных наибольшую биомассу весной, также как и осенью, имели *Hupanis anqusticostata* и *Abra ovata*, относящийся к кормовым организмам, и *Mytilaster lineatus*, являющийся второстепенным кормовым организмом (рис. 2.24).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

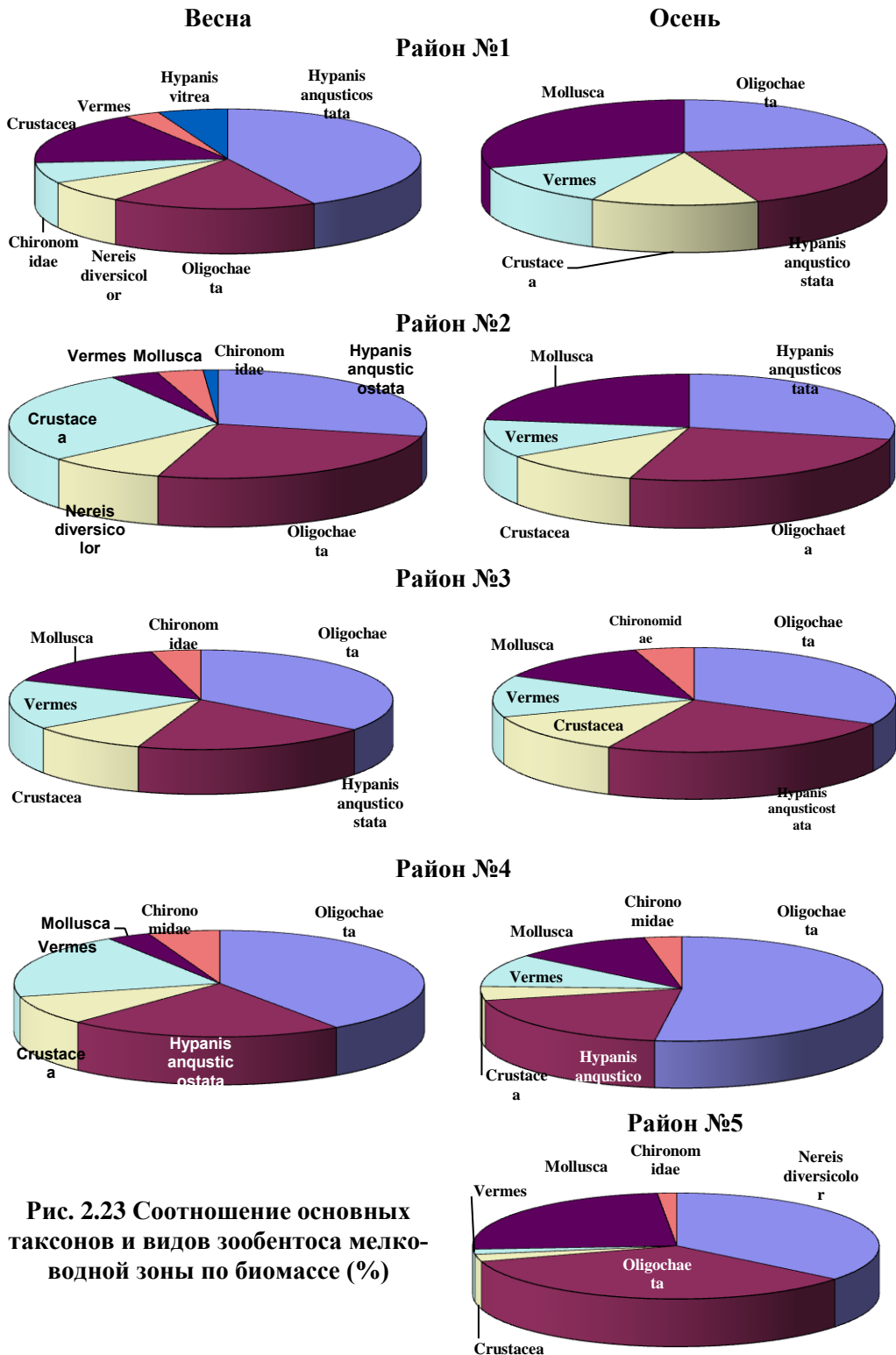


Рис. 2.23 Соотношение основных таксонов и видов зообентоса мелко-водной зоны по биомассе (%)

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

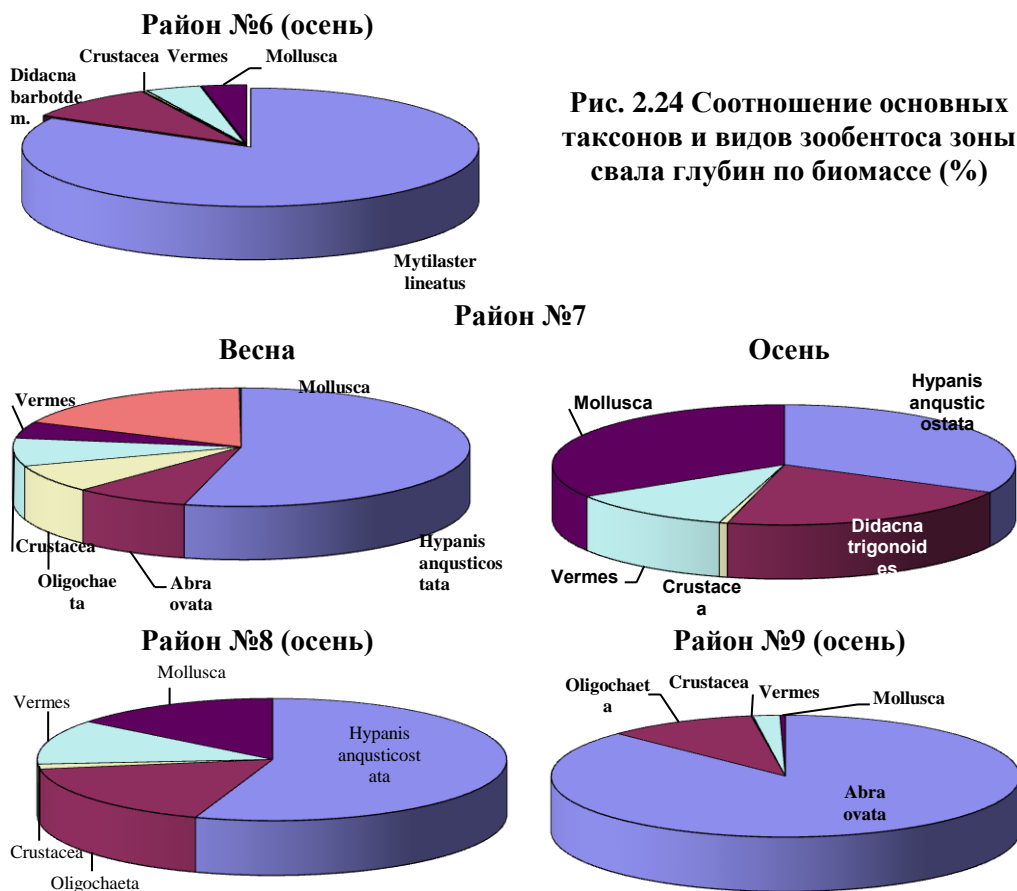


Рис. 2.24 Соотношение основных таксонов и видов зообентоса зоны свала глубин по биомассе (%)

Центральная зона

Включает в себя Волжскую бороздину и расположенный к востоку от нее приглубый район, ограниченный с востока и запада свалом глубин, а с юга Кулалинской и Безымянной банками. Глубина изменяется от 10 до 15 м, соленость от 11 до 12 ‰, доминирующий тип донных отложений – ракуша и мелкозернистый песок.

Весной в данной зоне обитали от 4 до 24 видов животных, среди которых наибольшим видовым разнообразием отличались Amphipoda и Lamellibranchiata. Осенью здесь встречались от 2 до 14 видов, наиболее богатый видовой состав имели Lamellibranchiata.

Из типов животных наибольшую биомассу и весной и осенью имели Lamellibranchiata. Среди видов донных животных наибольшую биомассу весной, также как и осенью, имели *Abra ovata*, относящийся к кормовым

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

организмам, и *Mytilaster lineatus*, являющийся второстепенным кормовым организмом (рис. 2.25).

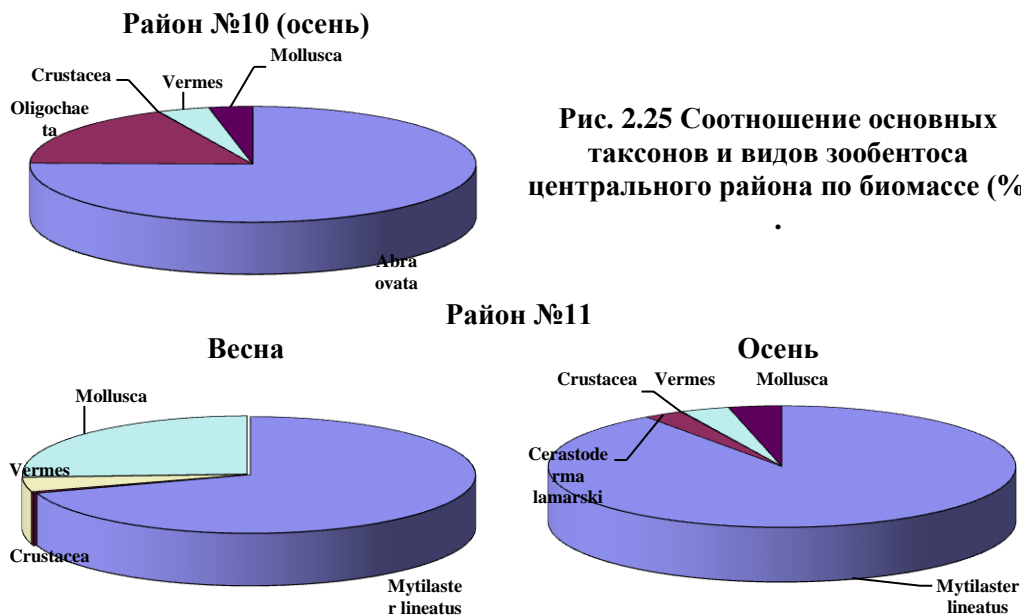


Рис. 2.25 Соотношение основных таксонов и видов зообентоса центрального района по биомассе (%)

Глубоководная зона

Простирается с востока на запад от Мангышлакского полуострова до Аграханского полуострова с севера на юг от Мангышлакского порога до 30-ти метровой изобаты. Глубина изменяется от 12 до 30 м, соленость от 11,5 до 12,6‰, доминирующий тип донных отложений – ракуша и мелкозернистый песок.

Весной в данной зоне обитали от 9 до 33 видов животных, среди которых наибольшим видовым разнообразием отличались Amphipoda и Lamellibranchiata. Осенью здесь встречались от 6 до 29 видов, наиболее богатый видовой состав имели Amphipoda.

Из типов животных наибольшую биомассу весной и осенью имели Lamellibranchiata. Среди видов донных животных наибольшую биомассу весной, также как и осенью, имели *Mytilaster lineatus* и представители рода *Didacna*, относящиеся к второстепенным кормовым организмом (рис. 2.26).

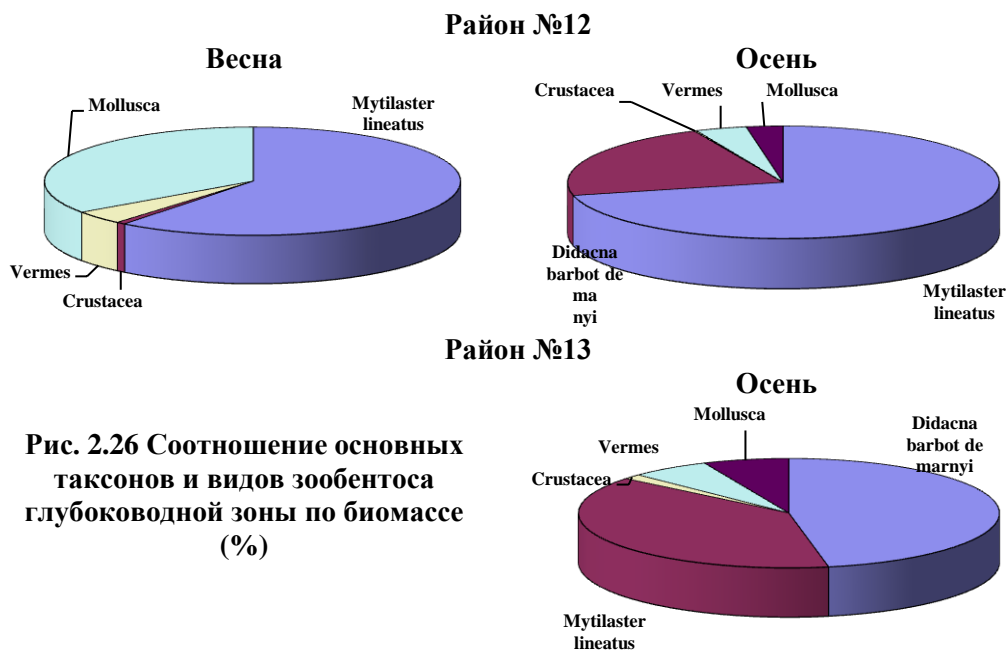


Рис. 2.26 Соотношение основных таксонов и видов зообентоса глубоководной зоны по биомассе (%)

2.4.2 Пространственное распределение разных групп зообентоса

Выше уже отмечалось, что соленость западной части Северного Каспия изменяется в широких пределах, и большинство обитающих здесь донных и придонных беспозвоночных животных приспособились к этому. Однако некоторые виды остаются требовательными к солености, предпочитая жить в опресненной или морской воде. По отношению к солености животные донной фауны Каспийского моря подразделяются на четыре группы, характеристика пространственного распределения которых в различных зонах западной части Северного Каспия приведена ниже.

Мелководная зона

Виды, предпочитающие соленость <2-6‰. Во время исследований количество видов практически не изменялось (4-6 видов), исключением стало его уменьшение в 2001 г. в р-не №3 (с 5 до 2-3) и р-не №4 (с 5 до 2), причем в р-не №4 кол-во видов к концу исследований так и не восстановилось. В пространственном распределении отмечено снижение разнообразия организмов данной группы с востока на запад.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Виды, предпочитающие соленость 2-13‰. Во время исследований представители данной экологической группы практически не встречались ни в одном из районов мелководной зоны.

Виды, предпочитающие соленость 0-13‰. Во время исследований количество видов практически не менялось (8-11 видов), исключением стало его повышение в 2003 г. в р-не №2 (с 8-11 до 1-14). В пространственном распределении отмечено снижение разнообразия организмов данной группы с востока на запад.

Виды, предпочитающие соленость >8-10‰. Во время исследований количество видов уменьшилось с 2-4 видов до 1 вида. В пространственном распределении отмечено повышение разнообразия организмов данной группы с востока на запад.

Свал глубин

Виды, предпочитающие соленость <2-6‰. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах этой зоны с 4-5 до 1 вида. В пространственном распределении отмечено относительно низкое разнообразие данных организмов в районе №6 (по сравнению с другими районами данной зоны).

Виды, предпочитающие соленость 2-13‰. Во время исследований представители данной группы практически не встречались в этой зоне. Наибольшее число видов было отмечено в 2000 г. в р-не №7 (3 вида).

Виды, предпочитающие соленость 0-13‰. Количество видов данной группы изменялось от 8-10 (в 6-м и 7-м р-нах) до 1-5 (в 8-м и 9-м р-нах). В пространственном распределении выделялся район №7, отличающийся повышенным разнообразием, а также район №9, где в 2001 и 2003 гг. отмечено низкое разнообразие животных.

Виды, предпочитающие соленость >8-10‰. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах этой зоны с 5-7 до 3-6 видов. В пространственном распределении отмечено повышенное разнообразие данных организмов (по сравнению с другими районами данной зоны) в районе №6.

Центральная зона

Виды, предпочитающие соленость <2-6‰. Во время исследований количество видов практически не менялось (2-3 вида). В пространственном распределении отмечено относительно низкое разнообразие данных организмов в районе №10.

Виды, предпочитающие соленость 2-13‰. Во время исследований представители данной группы крайне редко встречались в этой зоне. Их наибольшее разнообразие было отмечено в 2000 г. в р-не №11 (6 видов).

Виды, предпочитающие соленость 0-13‰. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось в р-не №10 и, наоборот увеличилось в р-не №11.

Виды, предпочитающие соленость >8-10‰. Во время исследований количество видов практически не менялось (4-6 видов). В пространственном распределении отмечено повышенное разнообразие данных организмов в районе № 11 по сравнению с районом №10.

Глубоководная зона

Виды, предпочитающие соленость <2-6‰. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах этой зоны с 4-х до 2-1. В пространственном распределении отмечено повышение разнообразия данных организмов от района №12 к району №14.

Виды, предпочитающие соленость 2-13‰. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах с 8-ми до 1-2. В пространственном распределении отмечено повышение разнообразия данных организмов от района №12 к району №14.

Виды, предпочитающие соленость 0-13‰. Во время исследований отмечено снижение количества видов данной группы с 10-15 до 7-9. Его минимальное значение зафиксировано в 2002 г. в районе №12 (1-4), а максимальное – в 2000 г. в районе №14 (13-15). В пространственном распределении отмечено повышение разнообразия данных организмов от района №12 к №14.

Виды, предпочитающие соленость >8-10‰. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах этой зоны с 6-ти до 3-х. В пространственном распределении отмечено повышение разнообразия данных организмов от района №12 к району №14 (рис. 2.27).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

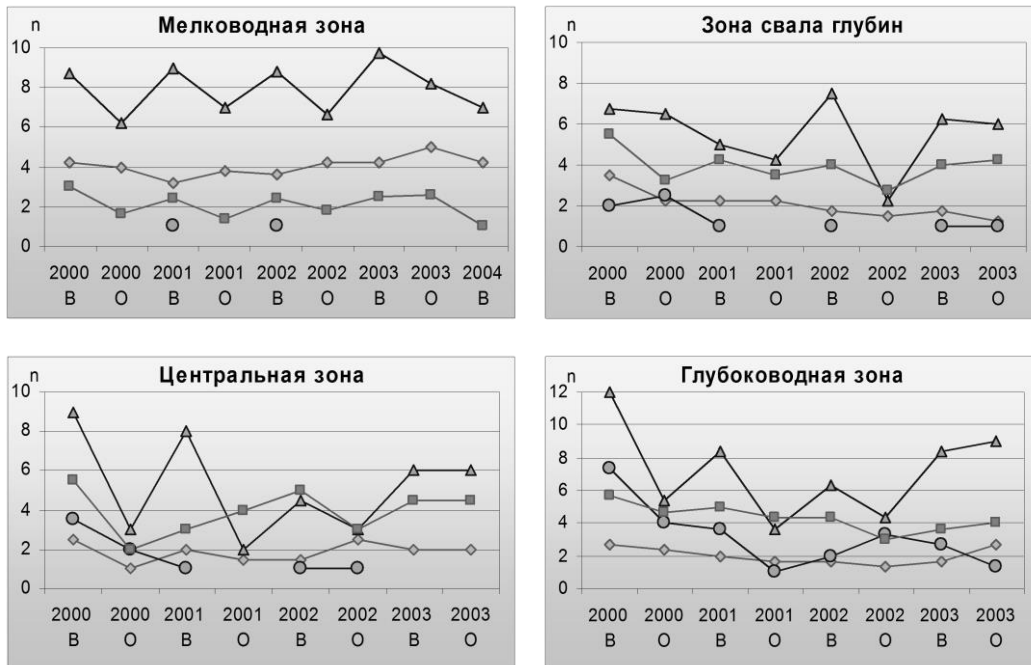


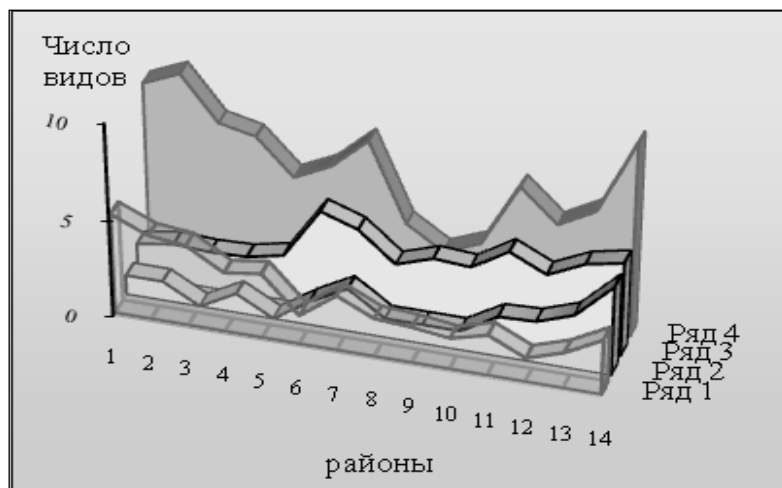
Рис. 2.27 Изменения разнообразия (числа видов) экологических групп зообентоса в разных зонах западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг., n - количество видов в экологических группах: В – весна, О – осень

- ◆— Стеногалинные виды (соленость воды до 2-6‰)
- Эвригалинные (диапазон солености от 2 до 13‰)
- ▲— Эвригалинные виды (диапазон солености от пресной воды до солености 13‰)
- Стеногалинные виды (соленость не ниже 8-10‰)

Сравнивая между собой различные зоны западной части Северного Каспия по динамике видового состава экологических групп зообентоса, легко заметить (рис. 2.28), что во время исследований наиболее стабильным этот состав был в мелководной зоне (здесь отмечены только сезонные колебания числа видов), а наименее стабильным – в глубоководной зоне (здесь межгодовая изменчивость видового разнообразия была выражена наиболее ярко).

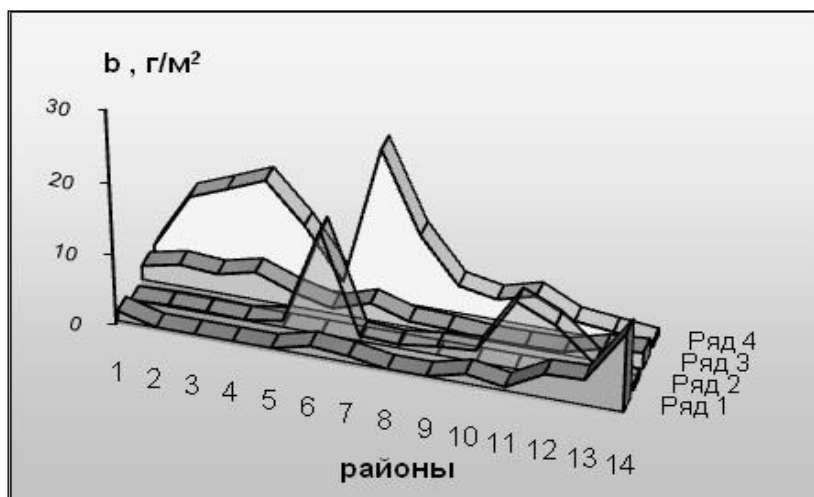
Естественно, что количество пресноводных стеногалинных видов было наибольшим в мелководной зоне, а эвригалинных животных, избегающих пресных вод – в глубоководной зоне (рис. 2.29). На мелководье были малочисленны морские виды, хотя в остальных трех зонах число их видов было распределено относительно равномерно.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**



- Ряд 1 Стеногалинные виды (< 2-6‰) □ Ряд 2 Эвригалинные (2-13‰)
 □ Ряд 3 Стеногалинные виды (> 8-10‰) ■ Ряд 4 Эвригалинные виды (0-13‰)

Рис. 2.28 Пространственные изменения состава (числа видов) эколого-фаунистических комплексов зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.



- Ряд 1 Эвригалинные виды (0-13‰)* □ Ряд 2 Стеногалинные виды (> 8-10‰)*
 □ Ряд 3 Эвригалинные (2-13‰) □ Ряд 4 Стеногалинные виды (< 2-6‰)

Рис. 2.29 Пространственные изменения биомассы ($b, \text{г/м}^2$) эколого-фаунистических комплексов зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. Данные, обозначенные знаком* уменьшены в 10 раз

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Разнообразие эвригалинных видов (0-13%), как и донной фауны в целом, возрастало на мелководье, свале глубин и в центральной зоне с запада на восток, а в глубоководной зоне – с севера на юг по мере увеличения глубины (рис. 2.27 и 2.28). При этом наибольшая биомасса пресноводных стеногалинных видов наблюдалась в 3,4 и 7 районах, эвригалинных животных, избегающих пресных вод – в 4 и 7 районах, морских видов – в 6, 11 и 12 районах, а эвригалинных видов в 14 районе (рис. 2.29).

По способам и источникам получения пищи донные и придонные беспозвоночные животные Северного Каспия подразделяются на шесть групп: буравящие грунт, хищники, детритофаги инфауны, детритофаги эпифауны, сестонофаги инфауны, сестонофаги эпифауны. В зообентосе западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. в той или иной степени была представлена каждая их них, но представители хищников и животных, буравящих грунт, не отличались разнообразием и поэтому здесь не рассматривались. Характеристика пространственного распределения детритофагов и сестонофагов в различных зонах западной части Северного Каспия приведена ниже.

Мелководная зона

Детритофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (2-4 вида), исключением стало его увеличение в 2003 г. в р-не №4 (с 3 до 6). В пространственном распределении отмечено равномерное распределение числа видов во всех районах.

Детритофаги эпифауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (5-11 видов). В пространственном распределении отмечено уменьшение разнообразия данных организмов с востока на запад.

Сестонофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (3-5 видов), исключением стало его повышение в 2003 г. в р-не №2 (с 2-3 до 5-6). В пространственном распределении отмечено уменьшение разнообразия данных организмов с востока на запад.

Сестонофаги эпифауны. Во время исследований представители данной трофической группы практически не встречались ни в одном из районов мелководной зоны.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Свал глубин

Детритофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (3-5 видов), исключением стало его увеличение в 2002-2003 г. в р-не №4 (с 2 до 4). В пространственном распределении отмечено снижение разнообразия данных организмов от района №6 к району №9.

Детритофаги эпифауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (5-10 видов), исключением стало его повышение весной 2002 г. в р-нах №8 и 9 (с 3 до 8). В пространственном распределении отмечено уменьшение разнообразия данных организмов от района №6 к району №9.

Сестонофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (1-3 видов), только в 2002 г. представители данной группы не встречались в зоне свала глубин. В пространственном распределении отмечено уменьшение разнообразия данных организмов от района №6 к району №9.

Сестонофаги эпифауны. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах с 3-х до 1-го. В 2001-2002 г. представители данной группы не встречались в зоне свала глубин. В пространственном распределении отмечено уменьшение разнообразия данных организмов от района №6 к району №9.

Центральная зона

Детритофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически менялось (2-4 вида). В пространственном распределении отмечено равномерное распределение числа видов во всех районах.

Детритофаги эпифауны. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось во всех районах этой зоны с 10-ти до 5-ти. В пространственном распределении отмечено снижение разнообразия данных организмов в районе №11.

Сестонофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (2-5 видов), исключением было исчезновение представителей данной группы в 2001 г. в р-не №10.

Сестонофаги эпифауны. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось с 2-6 до 1-2, в 2003 г. представители данной группы не встречались в районе №10. В пространственном распределении отмечено уменьшение разнообразия в р-не №11.

Глубоководная зона

Детритофаги инфауны. Во время исследований количество видов практически не менялось (4-8 видов), за исключением его уменьшения в 2001 г. Районы глубоководной зоны не отличались друг от друга по числу видов животных.

Детритофаги эпифауны. Во время исследований количество видов данной группы снизилось 9-11 до 1-3. В пространственном распределении отмечено увеличение разнообразия данных организмов от района №12 к району №14.

Сестонофаги инфауны. Во время исследований количество видов данной группы уменьшилось с 4-8 до 1-4. В пространственном распределении отмечено увеличение разнообразия данных организмов от района №12 к району №14.

Сестонофаги эпифауны. В 2000 г. зафиксировано максимальное число (3-5) видов данной группы, в 2001 г. оно уменьшилось до 1 вида, далее отмечался процесс восстановления разнообразия данной группы до 2-4 видов. В пространственном распределении наблюдалось увеличение числа видов от района №12 к району №14.

Как видно на рис. 2.30, во время исследований во всех зонах западной части Северного Каспия наблюдались сезонные и межгодовые колебания разнообразия детритофагов эпифауны, на фоне которых отмечена слабо выраженная тенденция уменьшения числа видов во всех зонах, исключая мелководную. Уменьшение числа видов сестонофагов эпифауны также наблюдалось во всех зонах, кроме мелководья. В мелководной зоне также было зарегистрировано увеличение разнообразия сестонофагов инфауны, тогда как в других зонах оно уменьшилось. Снижение разнообразия детритофагов инфауны наблюдалось только в глубоководной зоне.

Представления о пространственной изменчивости видового состава и биомассы трофических групп зообентоса в западной части Северного Каспия можно в 2000-2003 гг. можно получить из графиков, изображенных на рис. 2.31 и 2.32.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

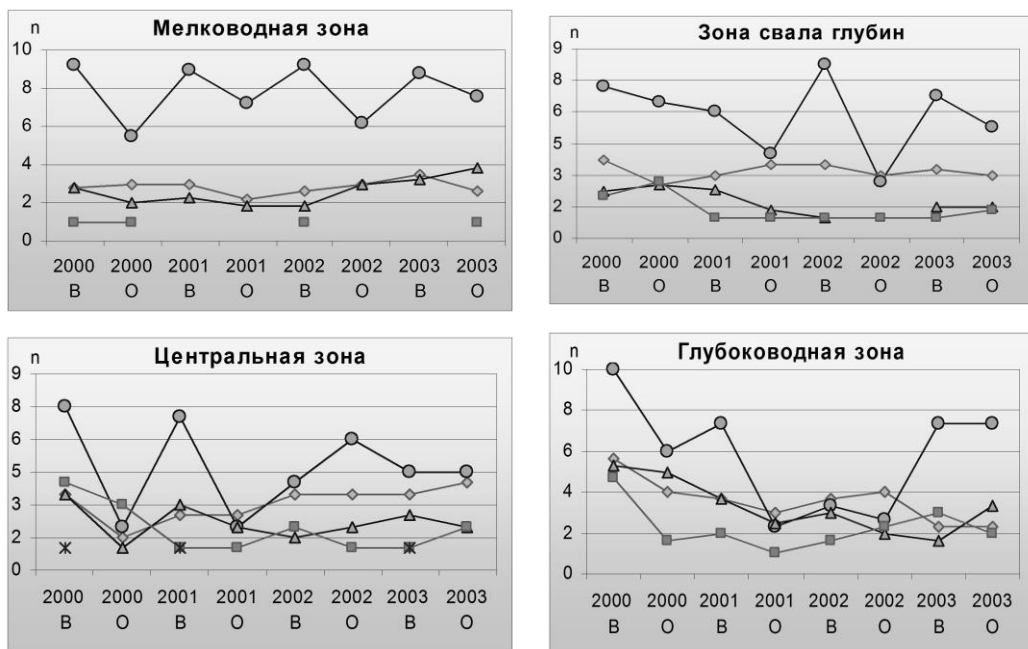
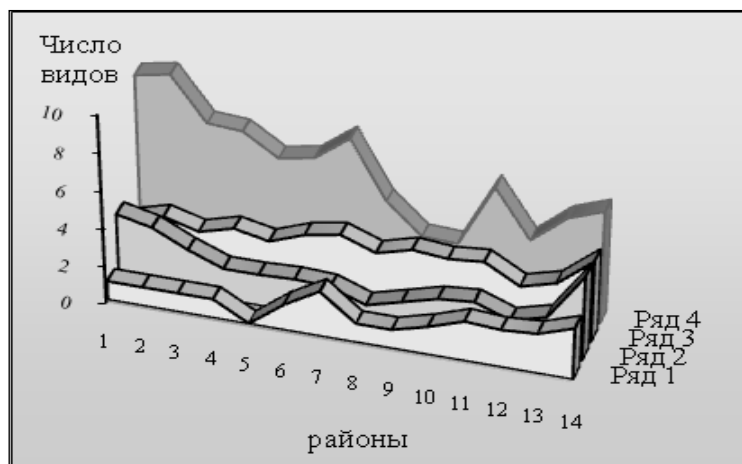


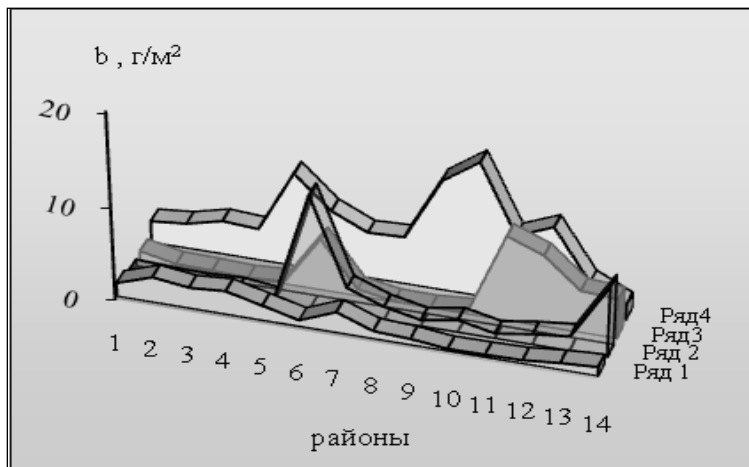
Рис. 2.30 Изменения разнообразия (числа видов) трофических групп зообентоса в разных зонах западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.:
 n - число видов в трофических группах, В – весна, О – осень
 —◆— Детритофаги инфауны —●— Детритофаги эпифауны
 —▲— Сестонофаги инфауны —■— Сестонофаги эпифауны
 —*— Хищник



□ Ряд 1 Сейстонофаги эпифауны □ Ряд 2 Сейстонофаги инфауны
 □ Ряд 3 Детритофаги инфауны ■ Ряд 4 Детритофаги эпифауны

Рис. 2.31 Пространственные изменения состава (числа видов) трофических групп зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**



- Ряд 1 Детритофаги эпифауны □ Ряд 2 Сейстонофаги инфауны*
 □ Ряд 3 Сейстонофаги эпифауны* □ Ряд 4 Детритофаги инфауны

Рис. 2.32 Пространственные изменения биомассы (b , г/м²) трофических групп зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. Данные, обозначенные знаком* уменьшены в 10 раз

Как видно на рис. 2.31, фильтраторы (сестонофаги) эпифауны избегали мелководья и западных районов свала глубин, тогда как в других районах число их видов было распределено относительно равномерно. Наибольшее разнообразие фильтраторов инфауны наблюдалось в 1,2 и 14 районах. Относительно равномерно было распределено по всей акватории число видов собирателей (детритофагов) инфауны.

Разнообразие собирателей эпифауны, как и донной фауны в целом, возрастало на мелководье, свале глубин и в центральной зоне с запада на восток, а в глубоководной зоне – с севера на юг по мере увеличения глубины. При этом наибольшая биомасса фильтраторов инфауны была зафиксирована в 6 и 14 районах, фильтраторов эпифауны – в 6, 11 и 12 районах, собирателей инфауны – в 5,9и 10 районах, а собирателей эпифауны – в 2, 4 и 7 районах (рис. 2.32).

Анализ изменений биомассы кормовых животных во время исследований указывает на ее уменьшение, фоном чему служат ярко выраженные сезонные колебания. Отрицательный тренд наиболее заметен в зоне свала глубин и глубоководной зоне (рис. 2.33), при этом особенно резкое сокращение биомассы кормовых организмов произошло в глубоководной зоне.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

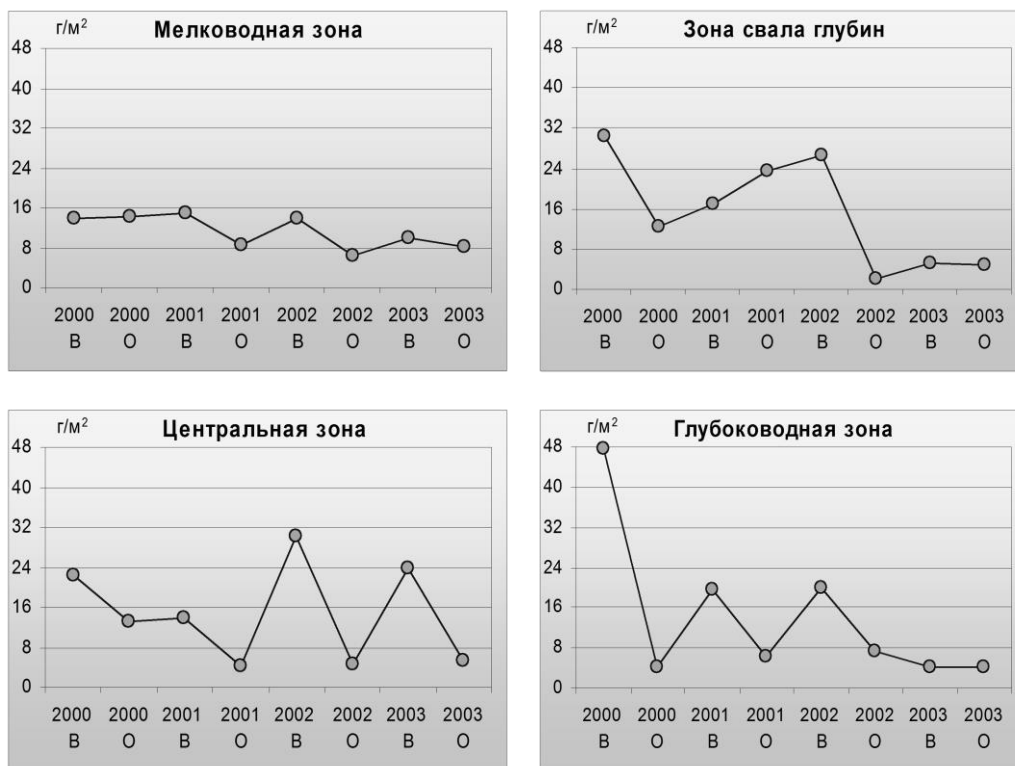


Рис. 2.33 Изменение биомассы кормовых организмов в разных зонах западной части Северного Каспия за 2000-2003 гг., где, В – весна, О – осень,

—●— Кормовая биомасса

В мелководной зоне кормовая часть биомассы зообентоса в среднем за период 2000-2003 гг. составил $37,16 \text{ г/м}^2$ (весна) и $26,23 \text{ г/м}^2$ (осень). В весенний сезон минимальное значение биомассы кормовых организмов отмечалось в 2003 г. (р-н №3 – $5,09 \text{ г/м}^2$); в осенний сезон – также в 2003 г. (р-н №4 – $0,68 \text{ г/м}^2$). Весной максимальное значение биомассы кормовых организмов в этой зоне зарегистрировано в 2001 г. (р-н №6 – $37,16 \text{ г/м}^2$), а осенью – в 2000 г. (р-н №3 – $26,23 \text{ г/м}^2$).

В зоне свала глубин кормовая часть биомассы зообентоса в среднем за период 2000-2003 гг. составила $19,74 \text{ г/м}^2$ (весна) и $10,62 \text{ г/м}^2$ (осень). В весенний сезон минимальное значение биомассы кормовых организмов отмечалось в 2003 г. (р-н №7 – $3,91 \text{ г/м}^2$); в осенний сезон – также в 2003 г. (р-н №9 – $0,29 \text{ г/м}^2$). Весной максимальное значение биомассы кормовых организмов в этой зоне зарегистрировано в 2002 г. (р-н №6 – $85,00 \text{ г/м}^2$), а осенью – в 2001 г. (р-н №8 – $45,28 \text{ г/м}^2$).

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В центральной зоне кормовая часть биомассы зообентоса в среднем за период 2000-2003 гг. составила $22,61 \text{ г/м}^2$ (весна) и $6,87 \text{ г/м}^2$ (осень). В весенний сезон минимальное значение биомассы кормовых организмов отмечалось в 2001 г. (р-н №10 – $0,40 \text{ г/м}^2$); в осенний сезон – также в 2001 г. (р-н № 10 – $0,99 \text{ г/м}^2$). Весной максимальное значение биомассы кормовых организмов в этой зоне зарегистрировано в 2002 г. (р-н №10 – $54,30 \text{ г/м}^2$), а осенью – в 2000г. (р-н № 10 – $23,09 \text{ г/м}^2$).

В глубоководной зоне кормовая часть биомассы зообентоса в среднем за данный период составила $63,18 \text{ г/м}^2$ (весна) и $5,58 \text{ г/м}^2$ (осень). В весенний сезон минимальное значение биомассы кормовых организмов отмечалось в 2001 г. (р-н №12 – $1,45 \text{ г/м}^2$); в осенний сезон – также в 2001 г. (р-н № 13 – $1,68 \text{ г/м}^2$). Весной максимальное значение биомассы кормовых организмов в этой зоне зарегистрировано в 2002 г. (р-н №14 – $506,61 \text{ г/м}^2$), а осенью – в 2001г. (р-н № 14 – $15,30 \text{ г/м}^2$).

Пространственное распределение разнообразия кормовых видов донных животных совпадало с распределением разнообразия донной фауны в целом. Некормовые виды избегали мелководья и западных районов свала глубин, тогда как в других районах число их видов было распределено относительно равномерно (рис. 2.34 и 2.35).

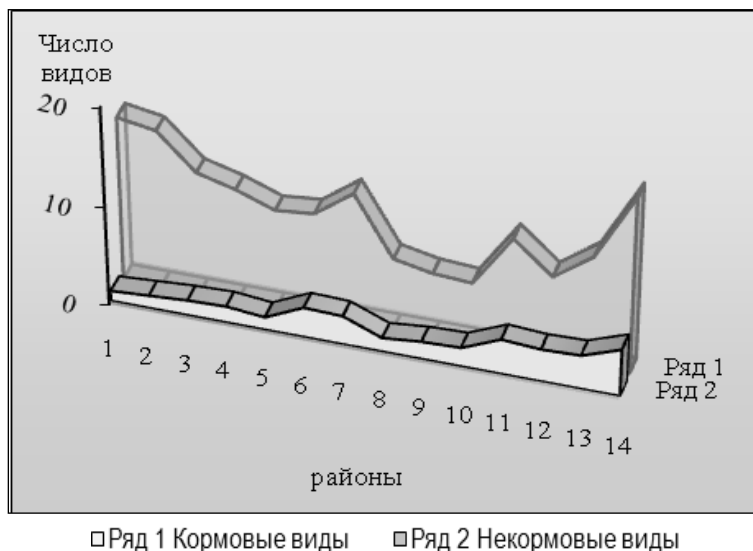


Рис. 2.34 Пространственные изменения состава (число видов) кормовых и некормовых видов зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

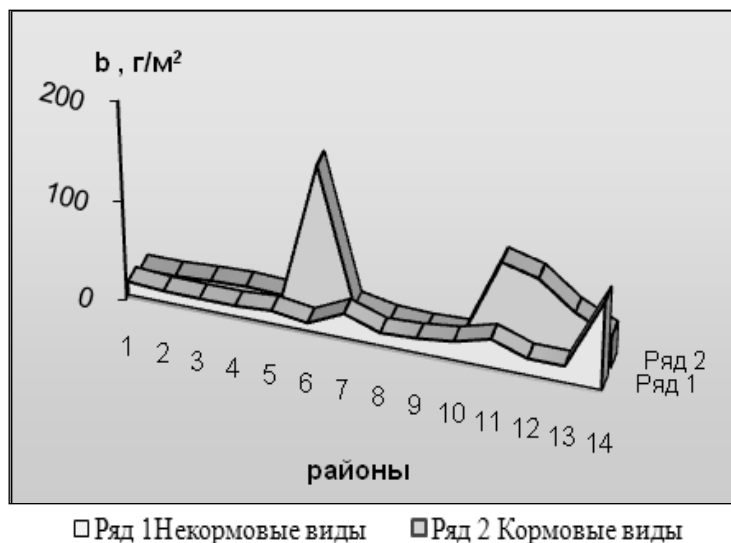


Рис. 2.35 Пространственные изменения биомассы ($b, \text{г/м}^2$) кормовых и некормовых видов зообентоса в западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг.

Наибольшая биомасса кормовых видов зообентоса была зарегистрирована в 7, 11 и 14 районах, а некормовых видов в 6, 11 и 12 районах (рис. 2.35). Интересно, что наибольшая биомасса кормового зообентоса наблюдалась в районах расположения нефтегазовых месторождений: 7 район – месторождение им. В. Филановского, 11 район – месторождение им. Ю. Корчагина, 14 район – месторождение «Хвалынское».

2.4.3 Оценка состояния зообентоса в районах обустройства месторождений углеводородов

Оценка состояния зообентоса в районах обустройства месторождений углеводородов проводилась в два этапа. Сначала анализировалось распределение коэффициента плотности всех видов животных, определялись их руководящие и характерные формы во всех районах западной части Северного Каспия (табл. 2.12).

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 2.12

**Руководящие формы донных животных в районах западной части
Северного Каспия в 2000-2003 гг. (В – весна, О – осень)**

Рай-он	Сезон	2000	2001	2002	2003
1	2	3	4	5	6
1	В		Oligochaeta, N. diversicolor, H. vitrea	Oligochaeta, H. anqusticostata	
	О		Oligochaeta, H. vitrea	Oligochaeta	Oligochaeta, H. anqusticostata
2	В	Oligochaeta, H. anqusticostata	Oligochaeta, H. anqusticostata	Oligochaeta	H. anqusticostata, Oligochaeta
	О	Oligochaeta, H. kowalewskii	Oligochaeta	H. anqusticostata, Oligochaeta	Oligochaeta, H. anqusticostata
3	В	H. anqusticostata, Oligochaeta	H. anqusticostata, Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta
	О	H. anqusticostata, Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta, A. ovata	Oligochaeta, D. polymorpha
4	В	Oligochaeta, H. anqusticostata	H. kowalewskii, Oligochaeta	Oligochaeta, H. kowalewskii	Oligochaeta, H. anqusticostata
	О	H. vitrea, Oligochaeta	Oligochaeta, H. anqusticostata	Oligochaeta	Oligochaeta
5	В	A. ovata, N. diversicolor	A. ovata, Oligochaeta	Oligochaeta, H. kowalewskii	Oligochaeta
	О	Oligochaeta, A. ovata	Oligochaeta, A. ovata	Oligochaeta	N. diversicolor, Oligochaeta
6	В	A. ovata, C. lamarski, M. lineatus	C. lamarski	M. lineatus, N. diversicolor	M. lineatus, N. diversicolor
	О	M. lineatus, D. barbotdemarnyi,	M. lineatus	M. lineatus	M. lineatus
7	В	H. anqusticostata, A. ovata	H. anqusticostata, P. pectinata	H. anqusticostata	Oligochaeta, N. diversicolor
	О	H. anqusticostata, Oligochaeta	H. anqusticostata, Oligochaeta	Oligochaeta	A. ovata, N. diversicolor
8	В	N. diversicolor, H. anqusticostata	A. ovata, Oligochaeta	A. ovata, Oligochaeta	Oligochaeta, Chironomidae
	О	Oligochaeta, A. ovata	H. anqusticostata	Oligochaeta	N. diversicolor, C. lamarski
9	В	A. ovata, H. anqusticostata	H. anqusticostata, Oligochaeta	N. diversicolor, A. ovata	N. diversicolor, Oligochaeta
	О	A. ovata	A. ovata	Oligochaeta, A. ovata	Oligochaeta

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Продолжение таблицы 2.12

1	2	3	4	5	6
10	В	<i>H. albida</i> , <i>A. ovata</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>A. ovata</i> , <i>N. diversicolor</i>	<i>A. ovata</i> , <i>H. anqusticostata</i>
	О	<i>A. ovata</i> , <i>Oligochaeta</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>A. ovata</i> , <i>Oligochaeta</i>	<i>N. diversicolor</i> , <i>Oligochaeta</i>
11	В	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i> , <i>A.</i> <i>ovata</i>
	О	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>
12	В	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i> , <i>D.</i> <i>barbotdemarnyi</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i> , <i>A.</i> <i>ovata</i>
	О	<i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>D.</i> <i>barbotdemarnyi</i>	<i>M. lineatus</i>
13	В	<i>M. lineatus</i> , <i>H. albida</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>N. diversicolor</i> , <i>A. ovata</i>	<i>D.</i> <i>barbotdemarnyi</i> , <i>A. ovata</i>
	О	<i>M. lineatus</i>	<i>C. lamarski</i> , <i>M. lineatus</i>	<i>M. lineatus</i>	<i>N. diversicolor</i>
14	В	<i>D. rostriformis</i> , <i>H. albida</i>	<i>H. albida</i> , <i>D. rostriformis</i>	<i>H. albida</i>	<i>D.</i> <i>barbotdemarnyi</i> , <i>D. rostriformis</i>
	О	<i>D. rostriformis</i>	<i>H. albida</i> , <i>M. lineatus</i>	<i>D.</i> <i>barbotdemarnyi</i>	<i>D.</i> <i>barbotdemarnyi</i>

Характеристика донной фауны района №1

Весной к руководящим формам с максимальной величиной коэффициента плотности относились *Hypanis anqusticostata* и представители класса *Oligochaeta*; к характерным формам I порядка относились *Nereis diversicolor*, *Niphargoides macrurus*, *Schizorhynchus Bilammellat*, *Hypaniola kowalewskii*, *Hypanis vitrea* (в 2001 г.), *Stenocuma graciloides*, *Pterocuma rectinata*; к характерным формам II порядка относились *Niphargoides compressus*, *Niphargoides similis*, *Corophium curvispium*.

Осенью к руководящим формам с максимальной величиной коэффициента плотности относились представители класса *Oligochaeta* и *Hypanis anqusticostata*; к характерным формам I порядка относились *Niphargoides macrurus*, *Hypaniola kowalewskii*; к характерным формам II порядка относились *Nereis diversicolor*, *Schizorhynchus Bilammellat*, *Niphargoides similis*, *Niphargoides compressus*, *Niphargoides similis*, *Corophium curvispium*, *Stenocuma graciloides*.

Характеристика донной фауны района №2

Весной к руководящим формам с максимальной величиной коэффициента плотности относились представители класса Oligochaeta и *Hypanis anqusticostata*; к характерными формами I порядка относились *Niphargoides macrurus*, *Pterocuma pectinata*, *Hypaniola kowalewskii*, *Niphargoides similis*, *Schizorhynchus Bilammellat*; к характерными формам II порядка относились *Nereis diversicolor*, *Stenocuma graciloides*, *Niphargoides compressus*, *Corophium curvispium*.

Осенью к руководящим формам с максимальной величиной коэффициента плотности относились представители класса Oligochaeta и *Hypanis anqusticostata*; к характерным формам I порядка относились *Niphargoides macrurus*, *Pterocuma pectinata*; к характерным формам II порядка относились *Schizorhynchus Bilammellat*, *Niphargoides similis*, *Hypaniola kowalewskii*, *Corophium curvispium*, *Stenocuma graciloides*, *Niphargoides compressus*.

Характеристика донной фауны района №3

Весной и осенью руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлись представители класса Oligochaeta. *Hypanis anqusticostata*, который периодически сменяется *Hypanis vitrea* (в 2000 и 2004 г.) можно отнести к руководящим формам, но достаточно нестабильным; к характерными формами I порядка относились *Pterocuma pectinata*, *Niphargoides macrurus*, *Hypaniola kowalewskii*, *Niphargoides similis*; к характерными формами II порядка относятся *Nereis diversicolor*, *Schizorhynchus Bilammellat*, *Stenocuma graciloides*, *Chironomidae*, *Niphargoides compressus*.

Осенью *Hypanis anqusticostata*, который периодически сменялся *Hypaniola kowalewskii*, *Abra ovata*, *Dreissena polymorpha*, можно отнести к руководящим формам. К осенним характерным формам I порядка относились *Pterocuma pectinata*, *Niphargoides macrurus*, *Hypaniola kowalewskii*; к характерным формам II порядка относились *Nereis diversicolor* и *Chironomidae*.

Характеристика донной фауны района №4

Весной руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлись представители класса Oligochaeta. *Hypanis anqusticostata*, *Hypaniola kowalewskii*, *Niphargoides*

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

macrurus, *Pterocuma pectinata*, Chironomidae являлись характерными формами I порядка, причем вид *Hypaniola kowalewskii* встречался на 100% станций на протяжении съемок 2000-2003 гг. *Stenocuma graciloides* и *Nereis diversicolor* являлись характерными формами 2 порядка. *Nereis diversicolor* в среднем встречался на 33% станций, однако в 2000, 2001 и 2004 гг., его встречаемость превышала 50%.

Осенью руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлись представители класса Oligochaeta. *Hypanis anqusticostata*, периодически сменяющийся *Hypaniola kowalewskii*, *Hypanis vitrea*, Chironomidae, *Nereis diversicolor* можно отнести к руководящим формам. *Hypaniola kowalewskii* являлся характерной формой I порядка, причем этот вид встречался на большинстве станций на протяжении всего периода исследований. *Pterocuma pectinata* являлась характерной формой 2 порядка.

Характеристика донной фауны района №5

Весной руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе чаще всего являлись представители Oligochaeta. Следует отметить, что в 2000 и в 2001 г. руководящей формой становилась также *Abra ovata*, ее встречаемость составляла 75 и 50% соответственно, но в эти годы этот моллюск имел максимальную биомассу. Характерные формы I порядка в данном районе практически не менялись. Ими были *Nereis diversicolor*, *Hypaniola kowalewskii*, *Stenocuma gracillis*, *Pterocuma pectinata*, *Niphargoides macrurus*, причем *Pterocuma pectinata* встречалась практически на всех станциях в течение всего времени исследований. *Hypanis anqusticostata*, Chironomidae, *Niphargoides compressus* и *Stenocuma graciloides* являлись характерной формой 2 порядка.

Характеристика донной фауны района №6

Весной руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном являлись *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma lamarski*, *Abra ovata*. Их встречаемость не достигала 70%, но благодаря биомассе их индекс плотности был максимален. Если биомасса моллюска снижалась, он переходил в разряд характерных форм 2 порядка. *Nereis diversicolor* также с 2001 по 2003 год становился одной из руководящих форм, его встречаемость в эти годы составляла 100%.

Характерными формами I порядка в данном районе являлись пред-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ставители класса *Oligochaeta* и *Stenocuma graciloides*, причем представители класса *Oligochaeta* встречались практически на 100% станций на протяжении всего периода исследований.

Осенью руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлись *Mytilaster lineatus* (на протяжении всего времени исследований), *Didacna barbotdemarnyi* и *Nereis diversicolor* (они периодически сменяли друг друга).

Характерными формами I порядка в данном районе являлись представители класса *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor* (когда он не являлся одной из руководящих форм), причем оба вида встречались на всех станциях на протяжении всего периода 2000-2003 гг.

Характеристика района №7

Весной и осенью руководяще формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе чаще всего являлся моллюск *Hypanis angusticostata*. Его встречаемость составляла от 75 до 100%, а также он имел высокую биомассу. Представители класса *Oligochaeta* также относились к руководящим формам благодаря своей 100% встречаемости и сравнительно высокой биомассе.

Весной *Pterocuma pectinata*, *Nereis diversicolor*, *Niphargoides macrurus*, *Stenocuma graciloides*, *Hypaniola kowalewskii*, *Stenocuma gracillis* являлись характерными формами I порядка в данном районе, причем *Pterocuma pectinata* встречались на 100% станций на протяжении всех съемок. *Abra ovata*, *Niphargoides similis*, *Niphargoides compressus*, *Schizorhynchus Bilammellat*, *Niphargoides abbreviatus*, являлись характерными формами 2 порядка. *Abra ovata* в 2000 г. имела максимальную встречаемость, равную 87,5%, и благодаря высокой биомассе являлась руководящей формой, но далее ее встречаемость не поднималась выше 50%.

Осенью *Nereis diversicolor* являлся характерной формой I порядка, причем он встречался практически на 100% станций на протяжении всего периода исследований.

Abra ovata, *Hypaniola kowalewskii*, *Pterocuma pectinata* являлись характерными формами 2 порядка. Кроме того, *Abra ovata* в 2003 г. имела максимальную встречаемость 100% и, благодаря высокой биомассе, являлась руководящей формой.

Характеристика донной фауны района №8

Весной руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе чаще всего являлись *Abra ovata* и представители класса *Oligochaeta*. *Nereis diversicolor* в 2000 г. также становился одной из руководящих форм, но обычно он являлся характерным видом I порядка. Характерной формой I порядка в данном районе также являлся вид *Pterosoma rectinata*, причем он встречался на 100% станций на протяжении всего времени исследований.

Осенью руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе чаще всего являлись представители класса *Oligochaeta*, но максимальную биомассу в данном районе имел *Huранis anqusticostata*. Нужно отметить, что в 2000 г. руководящей формой становилась также *Abra ovata*, ее встречаемость составляла 50%. *Nereis diversicolor* являлся характерной формой I порядка, а *Hуранiola kowalewskii* – характерной формой II порядка.

Характеристика донной фауны района №9

Весной руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе попеременно являлись *Hуранis anqusticostata*, *Abra ovata*, представители класса *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor*. *Abra ovata* имела меньшую встречаемость (в среднем 33%), чем *Hуранis anqusticostata* (в среднем 66%), но большую, чем у него, биомассу. В зависимости от года, *Abra ovata* переходила от руководящего вида к второстепенным формам, а *Hуранis anqusticostata*, за исключением 2003 г., переходила от руководящего вида к характерной форме II порядка. Представители класса *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor* встречаются на 100% станций на протяжении всех съемок. (исключением для *Nereis diversicolor* являлся 2001 г.). Характерной формой I порядка в данном районе являлась *Pterosoma rectinata*, причем этот вид встречался на 100% станций на протяжении всего периода исследований.

Осенью в данном районе руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности являлись *Abra ovata* и представители класса *Oligochaeta*. *Abra ovata* имела меньшую встречаемость (в среднем 66,66%), но большую биомассу. *Nereis diversicolor* являлся характерной формой II порядка.

Характеристика донной фауны района №10

Весной руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе попеременно являлись *Hypanis albida*, *Abra ovata*, *Hypanis angusticostata*, представители класса *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor*. Они же и образовывали характерные формы I порядка. *Hypanis albida* встречался только в 2000 г., когда он являлся руководящей формой, благодаря своей биомассе. *Abra ovata* стабильно являлся одной из руководящих форм, за исключением 2001 г., когда он не встречался. Представители класса *Oligochaeta* встречались на 100% станций на протяжении всех съемок. *Nereis diversicolor* также присутствовал постоянно. Характерной формой II порядка в данном районе можно назвать *Pterocuma pectinata*.

Осенью руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлись *Abra ovata* и представители класса *Oligochaeta*. *Abra ovata* имел меньшую встречаемость, но большую биомассу в этом районе. *Nereis diversicolor* являлся характерной формой II порядка.

Характеристика донной фауны района №11

Весной руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлся *Mytilaster lineatus*. Весной к характерным формам I порядка относились *Abra ovata*, *Nereis diversicolor*, представители класса *Oligochaeta*; к характерным формам II порядка относились *Stenocuma graciloides* и *Pterocuma pectinata*.

Осенью руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлся *Mytilaster lineatus*. К характерным формам I порядка относились *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor*; к характерным формам II порядка относились *Abra ovata*, хотя в 2001 г. этот моллюск становился одной из руководящих форм.

Характеристика донной фауны района №12

Весной и осенью руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлся *Mytilaster lineatus*. К характерным формам I порядка весной относились *Nereis diversicolor* и представители класса *Oligochaeta*. Периодически к ним в этой группе присоединялись *Abra ovata*, *Didacna protracta*, *Didacna barbotdemarnyi*. *Abra ovata* в целом относилась к характерным формам II порядка, как и

Niphargoides macrurus.

Осенью к характерным формам I порядка относились представители класса *Oligochaeta*. Встречаемость этого вида была равна 100%. *Nereis diversicolor* и *Abra ovata* в целом относились к характерным формам II порядка.

Характеристика донной фауны района №13

Весной руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе попеременно являлись *Mytilaster lineatus*, *Hypanis albida*, *Abra ovata*, *Didacna barbotdemarnyi*, представители класса *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor*. Они же и образовывали характерные формы I порядка. *Hypanis albida* встречался в 2000 г., когда он являлся руководящей формой, благодаря своей биомассе, а также в 2001, когда он становился второстепенной формой. *Mytilaster lineatus* являлся одной из руководящих форм в 2000 и 2001 гг., затем в 2002 и 2003 гг. его вытесняла *Abra ovata*. *Nereis diversicolor* и представители класса *Oligochaeta* встречались практически на 100% станций и во всех съемках. В 2002 г. присутствие достигло максимума, и он стала руководящей формой с максимальным индексом плотности. Характерными формами II порядка в данном районе выступали *Pterosuma pectinata* и *Schizorhynchus Bilammellat*.

Осенью руководящей формой с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе являлся *Mytilaster lineatus*. Этот вид в данном районе имел самую высокую биомассу, за исключением 2003 г. К характерным формам I порядка относились представители класса *Oligochaeta* и *Nereis diversicolor*.

Характеристика донной фауны района №14

Весной руководящими формами с максимальной величиной коэффициента плотности в данном районе попеременно являлись *Dreissena rostriformis*, *Hypanis albida*, *Didacna barbotdemarnyi*. Характерными формами I порядка в данном районе являлись представители класса *Oligochaeta* и *Dikerogammarus haemobaph*. Представители класса *Oligochaeta* встречались на 100% станций и во всех съемках. Характерными формами II порядка в данном районе можно назвать *Schizorhynchus Bilammellat*, *Mytilaster lineatus*, *Corophium mucronatum*, *Hypaniola kowalewskii*, *Corophium chelicorne*, *Amathillina cristata*, *Gammarus ischnus* Stebbing.

Осенью руководящими формами с максимальной величиной коэф-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

фициента плотности в данном районе попеременно являлись *Mytilaster lineatus*, *Dreissena rostriformis*, *Hypanis albida*, *Didacna barbotdemarnyi*. Характерными формами I порядка в данном районе выступали представители класса *Oligochaeta* и *Dikerogammarus haemobaph*. Представители класса *Oligochaeta* встречались на большинстве станций на протяжении всего периода исследований. Характерными формами II порядка в данном районе можно назвать *Corophium chelicorne*, *Schizorhynchus Bilammellat*, *Amathillina cristata*, *Gammarus ischnus Stebbing*.

Далее оценивалось состояние зообентоса в 7, 11 и 14 районах, где располагаются, соответственно, месторождения им. В. Филоновского, им. Ю. Корчагина и Хвалынское. Схемой обустройства месторождения им. Ю. Корчагина, ввод в эксплуатацию которого произошел в 2009 г., предусматривается также строительство промысловых трубопроводов, проходящих через 4 и 8 районы, а также создание плавучего нефтехранилища в 14 районе.

Перечисленные 5 районов (4, 7, 8, 11 и 14) именуется районами расположения объектов обустройства нефтегазовых месторождений. Для этих районов были рассчитаны коэффициенты плотности обитающих в них кормовых видов для каждой съемки в отдельности и уже по результатам этих расчетов были определены руководящие и характерные формы кормового зообентоса (табл. 2.13).

При оценке данных, приведенных в табл. 2.12, принималось во внимание, что при неизбирательном техногенном воздействии на природную среду (таким воздействием является, например, нефтяной разлив) смертность организмов, оказавшихся в зоне воздействия напрямую зависит от их плотности (Коновалова и др., 2003).

В свою очередь степень выедания кормовых организмов зообентоса бентосоядными рыбами также находится в прямо пропорциональной зависимости от их плотности (Зенкевич, 1951). Из этого следует, что перечисленные в табл. 2.5 руководящие формы донных животных, с одной стороны наиболее уязвимы для техногенного воздействия, а с другой стороны вносят основной вклад в кормовую базу рыб.

Как следует из приведенных данных, для района пересечения трубопроводом свала глубин (№8) характерно частая смена руководящих форм кормовых организмов.

**ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 2.13

**Руководящие формы кормовых видов зообентоса в районах расположения
объектов обустройства нефтегазовых месторождений
западной части Северного Каспия 2000-2003 гг. (В-весна, О – осень)**

Район	Сезон	2000	2001	2002	2003
4	В	<i>Hypanis anqusticostata</i> , Chironomidae	<i>Hipaniola kowalewskii</i> Chironomidae	<i>Hipaniola kowalewskii</i> , <i>Pterocuma pectinata</i>	<i>Hypanis anqusticostata</i>
	О	<i>Hypanis vitrea</i> <i>Hipaniola kowalewskii</i>	<i>Hypanis anqusticostata</i> , <i>Hipaniola kowalewskii</i>	Chironomidae <i>Nereis diversicolor</i>	<i>Hipaniola kowalewskii</i> <i>Niphargoides macrurus</i>
7	В	<i>Hypanis anqusticostata</i> , <i>Abra ovata</i>	<i>Hypanis anqusticostata</i> , <i>Pterocuma pectinata</i>	<i>Hypanis anqusticostata</i> ,	<i>Nereis diversicolor</i>
	О	<i>Hypanis anqusticostata</i> , <i>Abra ovata</i>	<i>Hypanis anqusticostata</i>	<i>Hipaniola kowalewskii</i> <i>Nereis diversicolor</i>	<i>Abra ovata</i> <i>Nereis diversicolor</i>
8	В	<i>Nereis diversicolor</i> , <i>Hypanis anqusticostata</i>	<i>Abra ovata</i>	<i>Abra ovata</i> , <i>Pterocuma pectinata</i>	Chironomidae <i>Nereis diversicolor</i>
	О	<i>Abra ovata</i>	<i>Hypanis anqusticostata</i>	<i>Hipaniola kowalewskii</i> , <i>Nereis diversicolor</i>	<i>Nereis diversicolor</i>
11	В	<i>Nereis diversicolor</i> , <i>Abra ovata</i>	<i>Nereis diversicolor</i> , <i>Hypanis anqusticostata</i>	<i>Nereis diversicolor</i>	<i>Abra ovata</i>
	О	<i>Nereis diversicolor</i>	<i>Abra ovata</i> , <i>Hypanis anqusticostata</i>	<i>Nereis diversicolor</i>	<i>Nereis diversicolor</i> , <i>Abra ovata</i>
14	В	<i>Dreissena rostriformis</i> , <i>Hypanis albida</i>	<i>Hypanis albida</i> <i>Dreissena rostriformis</i>	<i>Hypanis albida</i>	<i>Dreissena rostriformis</i>
	О	<i>Dreissena rostriformis</i>	<i>Hypanis albida</i>	<i>Dreissena rostriformis</i> , <i>Nereis diversicolor</i>	<i>Dikerogammarus haemobaph.</i> , <i>Nereis diversicolor</i>

В мелководном районе, пересекаемом трубопроводом (№ 4), наибольшая плотность свойственна *Hypanis anqusticostata* и *Hipaniola kowalewskii*. Также два вида, но это уже *Hypanis albida* и *Dreissena rostriformis* преобладают по плотности в районе расположения плавучего нефтехранилища и месторождения «Хвалыньское». Руководящей формой кормового зообентоса в районе расположения месторождения им. В. Фи-

ЧАСТЬ I. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ДО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

лоновского (№ 7) является *Nuранis anqusticostata*, а в районе месторождения им. Ю. Корчагина (№ 11) – *Nereis diversicolor*.

Таким образом, в список видов зообентоса западной части Северного Каспия, наиболее уязвимых для воздействия нефтегазодобычи и одновременно вносящих основной вклад в кормовую базу рыб, входит, как минимум, пять названных видов.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В
ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

**Глава 3. Исследование состояния и загрязнения
экосистемы Северного Каспия с использованием
стационарных донных станций**

***3.1 Обоснование использования стационарных донных
станций для изучения состояния морской среды и биоты
Северного Каспия***

Как известно, Каспийское море занимает второе место в мире (после Персидского залива) по запасам нефти и газа, которые составляют не менее 15 млрд. условного топлива в нефтяном эквиваленте (BP Annual Report, 2009). Регион в настоящее время поставляет на рынки около 3,29% мировых запасов нефти и 3,6% запасов газа (SoE, 2010).

На Северном Каспии, где расположены лицензионные участки ОАО «ЛУКОЙЛ», к 2014 г. уже было пробурено 42 поисково-оценочные, разведочные и добывающие скважины, в том числе 21 добывающая скважина на действующем месторождении им. Ю. Корчагина. С 2010 г. здесь было добыто и отгружено танкерами около 3,0 млн. тонн нефти (Казаков и др., 2014). В 2016 г. практически завершены строительные работы и подготовка к вводу в действие объекты обустройства месторождения им. В. Филановского. На обоих месторождениях планируется построить 6 новых стационарных сооружений, включающих 71 добывающую скважину и около 350 км подводных трубопроводов большого диаметра.

Однако именно в Северном Каспии риск загрязнения максимален из-за мелководья, высоких пластовых давлений (Немировская и др., 2015). Северная часть моря играет ключевую роль в формировании экосистемы и промысловых биоресурсов всего Каспия (Иванов, 2000; Каспийское море, 1989а), так как в Северный Каспий поступает около 90% всего речного

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

стока, и только со стоком р. Волги – 80% биогенного органического вещества (ОВ) (Агатова и др., 2005).

Оценка нефтяного загрязнения и экологической ситуации осложняется тем, что в Каспийском море находятся и непрерывно действуют многочисленные природные источники поступления углеводородов – грифоны и грязевые вулканы. Почти половина из 900 известных на Земле грязевых вулканов расположено в Южно-Каспийской тектонической впадине (Дадашев и др., 2003). При проведении спутникового мониторинга была высказана гипотеза о периодической субмаринной разгрузке насыщенных углеводородами верхних ярусов осадочных пород с выходами углеводородов из грифонов и сипов (Иванов и др., 2014). Исследование картины поверхностных загрязнений Каспийского моря нефтяными пленками позволила Б.Н. Голубову и А.Ю. Иванову (2014) предположить, что грязевой вулканизм и истечение нефтегазовых флюидов со дна имеют гораздо более широкое распространение в море, чем это предполагалось ранее. Наличие больших запасов нефти и газа в недрах Каспия во многом предопределяет эту картину. Мощность природных выбросов нефти только в юго-западной части моря оценена в пределах от 3 до 16 тыс. т/год (Патин, 2008). Исследователи считают, что подобные процессы происходят и в других районах Каспийского моря (Немировская и др., 2014, 2015; Островская и др., 2014, 2016).

Деятельность нефтегазодобывающих компаний на шельфе морей сама по себе также представляет опасность для морских экосистем и живых существ, поскольку предусматривает строительство поисково-разведочных, эксплуатационных скважин, стационарных платформ, трубопроводов и прочих сооружений (Панин и др., 2005; Long term environmental effects..., 1987; NAS, 2003). Хотя в российском секторе Каспийского моря нефтегазодобыча и все операции, связанные с транспортировкой нефти, осуществляются по принципу нулевого сброса (Экологическая политика..., 2010), постоянно отмечаются нефтяные загрязнения, поступающие на лицензионные участки с прилегающих районов моря (Островская и др., 2013, 2016). Идентификация происхождения, определение путей распространения и степени опасности такого рода загрязнений становится все более актуальной проблемой, как на российских лицензионных участках, так и на всей акватории моря (Мониторинг окружающей природной среды..., 2014; Островская и др., 2014, 2016; Умербаева, Попова, 2014).

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Для решения подобных вопросов и предназначена представленная в этой работе методика экологического мониторинга с применением донных станций. В основу разработки метода легла идея искусственного формирования локальных экосистем с высокой степенью сравнимости. Такие экосистемы формируются на донных станциях (Ушивцев и др., 2008).

Поскольку основными видами воздействия нефтегазодобывающей деятельности и морской гидротехнической инфраструктуры на морские экосистемы являются загрязнение морской среды и изменение процессов седиментогенеза, предполагается, что наилучшими индикаторами негативных последствий нефтегазодобычи на Каспийском шельфе являются донные организмы.

В составе экосистем выбирается ряд организмов-индикаторов, по состоянию которых и оценивается качество окружающей среды в конкретной точке наблюдений. Изучение экологического и токсикологического состояния того или иного района моря проводится по специальной сетке донных станций, аккумулирующей информацию о наличии, происхождении, траектории движения, составе и степени опасности того или иного загрязнения.

3.1.1 Выбор и апробация конструкции донной станции, оптимальной для мониторинга в условиях мелководной зоны Северного Каспия

Северный Каспий является наиболее мелководной частью моря, где условия среды складываются под мощным воздействием водного стока рек Волги и Урала (Каспийское море, 1986). Вынос реками большого количества биогенных веществ создает высокий потенциал для развития биоты (Каспийское море, 1985, 1989а). В то же время, дефицит твердых субстратов на подвижных песчано-ракушечных грунтах (Каспийское море, 89б; Свиточ, Янина, 1997) препятствует полноценному развитию биоты. Поэтому любой достаточно стабильный объект на дне становится центром локального сообщества, отличающегося от фоновых показателей обилием и видовым разнообразием (рис. 3.1). В основу предлагаемой методологии легла идея создания более благоприятных, чем фоновые, условий обитания для различных групп животных и растений в морской среде, что позволяет сформировать устойчивую локальную экосистему, привязанную к биото-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

пам универсального субстрата – искусственного сооружения, стационарно помещенного в ту или иную точку на шельфе моря. Такое сооружение далее называется донной станцией или биостанцией. Предполагается, что локальное биологическое сообщество такой станции будет накапливать информацию о качестве окружающей его среды. Эту информацию можно использовать для оценки состояния среды, а донную станцию считать объективной точкой экологического мониторинга.

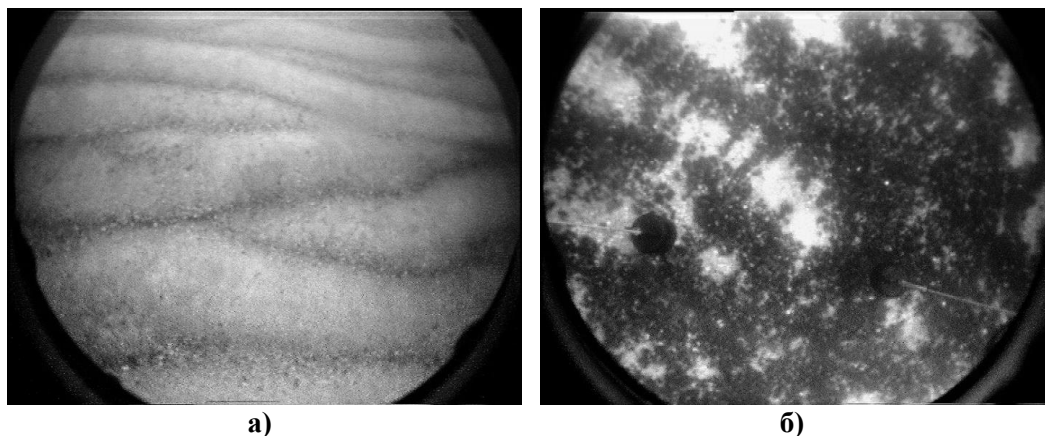


Рис. 3.1 Типичные подводные ландшафты дна Северного Каспия: а) с сыпучими, подвижными грунтами; б) стабильными грунтами

Опыты по созданию локальных экосистем на Каспии были начаты сотрудниками КаспНИРХа еще в 80-х годах прошлого столетия (рис. 3.2).

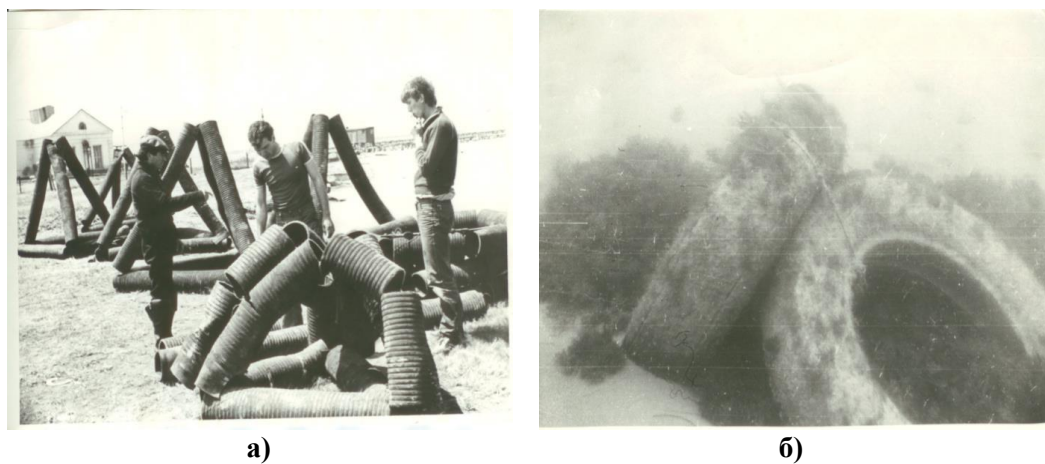


Рис. 3.2 Построение рифовых модулей на берегу Сулакской бухты в Дагестане (а) и в бухте Карши в Туркмении (б) в 1980-х гг.

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В те времена донные биостанции строились из различного рода технических отходов (обрезки рыболовных шлангов, автомобильные покрышки и т.п.). Основной целью тогда было создание зон нагула для осетровых рыб, а также общее повышение биологической продуктивности моря (Беляева и др., 1989, 1990; Бугров и др., 1989; Лапшин, 1993).

В 2000-х гг. с началом разведки и освоения морских месторождений углеводородов на Северном Каспии активно развивалась разработка искусственных рифов, отличающихся повышенной численностью деструкторов и фильтраторов (рис. 3.3), способных к активной очистке воды и утилизации загрязняющих веществ. Исследования показали, что сообщество 100 метрового модуля рифа, выполненного из полипропиленовых материалов за вегетационный период способно разложить и утилизировать 500 кг нефти (Сокольский и др., 2005).



Рис. 3.3 Пелагический модуль рифа из полипропиленовых волокон (а) и донный модуль рифа из полипропиленовых канатов (б)

Наши исследования с учетом опыта ученых КаспНИРХа продолжают разработку биотехнологии формирования продуктивных экосистем посредством установки на дне биостанций с различными экологическими характеристиками (Ушивцев и др., 2008). Новизна нашего метода заключается в том, что идея построения сетки станций из локальных экосистем с высокой степенью сравнимости и дальнейшим использованием информационного поля этой сетки для экологических исследований применяется впервые. Различные рифовые конструкции блочного и модульного типов, содержащих донные и пелагические элементы, стимулируют повышение

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

продуктивности биологических сообществ и формирование перифитонных индикаторных ассоциаций, а также увеличивают биологическую деструкцию загрязняющих веществ (Ушивцев и др., 2014).

Для определения биоресурсного потенциала и особенностей биопродукционных возможностей инженерно-экологических конструкций различного типа было проведено натурное исследование в северной части Каспийского моря. Экспериментальные работы с искусственными рифами-модулями проводились в течение 12 месяцев с мая 2009 по июль 2010 года в глубоководной части Северного Каспия. Глубины в районе установки рифовых модулей варьировались от 20 до 35 метров. В местах установки были проведены гидробиологические и гидрохимические исследования, определены показатели обилия, биомассы и биоразнообразия донных животных, выявлена пространственная структура их распределения.

Сбор биологического материала в районах установки донных станций проводился методами подводных исследований, для оценки качества водной среды по биологическим показателям был проведен специализированный сбор донной фауны и перифитона. Для оценки зоны влияния биостанции на морскую среду отбор проб проводился на разном удалении от рифового модуля. Пробы перифитона отбирались на модульных биостанциях, сопровождаясь подсчетом количественных и качественных характеристик сообществ обрастаний. Затем полученные характеристики сопоставлялись с данными предшествующих наблюдений и с контрольными показателями фоновых участков, где донные станции отсутствовали.

Всего в районе исследований было установлено и обследовано двенадцать инженерно-экологических сооружений различного типа, для оценки эффективности которых отбиралось от пяти до десяти биологических проб, что позволило обеспечить достоверность и репрезентативность полученных данных. Ниже приводится описание и оценка четырех типов донных станций, показавших наилучшие результаты по устойчивости в морской среде и показателям обрастания.

Комплексная рифовая биостанция состоит из бетонного кольца, представляющего собой основание, над которым возвышается металлический каркас. Высота станции 2–3 м, вес 300–500 кг. Бетонное кольцо является субстратом для образования нижнего уровня сообществ. Его конструктивные элементы предусматривают создание условий для развития

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

большинства бентосных организмов. Два верхних уровня располагаются на металлическом каркасе в толще воды. Их конструктивные элементы предназначены для формирования организмов перифитона и фитобентоса. Внутреннее пространство металлического каркаса станции обтянуто полипропиленовой тканью и капроновой делью с ячейей 5-6 мм. Как показали исследования, использование этих материалов в качестве субстрата было наиболее результативным в отношении разнообразия и биомассы гидробионтов.

Зообентос в районе комплексной рифовой биостанции представлял собой комплекс, основу численности которого составляли многощетинковый червь *Nereis* и широко распространенная на Каспии амфипода *Niphargoides similis* (табл. 3.1).

Таблица 3.1
Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ в районе комплексной рифовой биостанции

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Niphargoides aequimanus</i>	4	0,006
<i>Niphargoides similis</i>	170	0,3
<i>Cerastoderma lamarki</i>	10	0,3
<i>Didacna protracta</i>	2	0,23
<i>Balanus improvisus</i>	12	0,09
<i>Mytilaster lineatus</i>	2	0,004
<i>Nereis diversicolor</i>	410	5,4
<i>Oligochaeta</i>	40	0,04
<i>Abra ovata</i>	35	0,18
<i>Rhithropanopeus harrissii</i>	2	0,05
Всего	687	6,6

Общая численность и биомасса донных животных были, как видим, сравнительно невелики, что довольно характерно для этого района моря. Большая численность червей объяснялась, по-видимому, обилием органики, выносимой к месту постановки станции с речным стоком.

Индекс видового сходства с фоновым участком составлял 0,86, что свидетельствует об идентичности сообществ рассматриваемых участков, а также об отсутствии негативного влияния со стороны самой донной станции на биоту. Низкие концентрации биомассы донных животных в районе комплексной рифовой станции по сравнению с фоновыми показателями

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

объясняются большим развитием *Mytilaster lineatus* на фоновом участке. За счет обилия этого прикрепленного моллюска численность донного сообщества фонового участка в 2 раза превышала таковую в районе биостанции, а биомасса - в 6,4 раза.

Модульная бетонная биостанция пирамидального типа (рис. 3.4) была установлена на твердых, песчано-ракушечных грунтах, на глубинах 15 и 25 метров, обследование проводилось каждые 3-4 месяца.

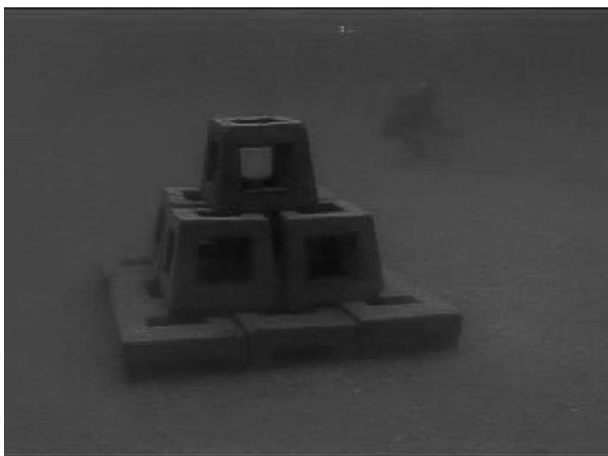


Рис. 3.4 Модульная бетонная станция пирамидального типа

Исследования показали, что этот тип донной станции привлекает донных рыб, основная часть которых представлена бычками (рис. 3.5).

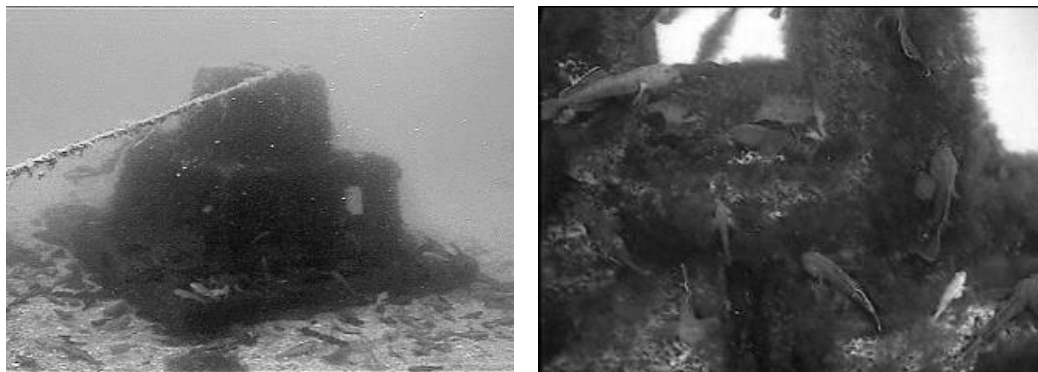


Рис. 3.5 Биоценоз модульной биостанции пирамидального типа

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Анализ результатов обработки проб макрозообентоса в районе установки модульных бетонных станций позволил выделить по показателям биомассы три зоны их влияния на сообщество зообентоса: надстройка обрастателей (0-5 метров от модуля), зона влияния (5-10 метров от модуля), фон (10-20 метров от модуля) (рис. 3.6).

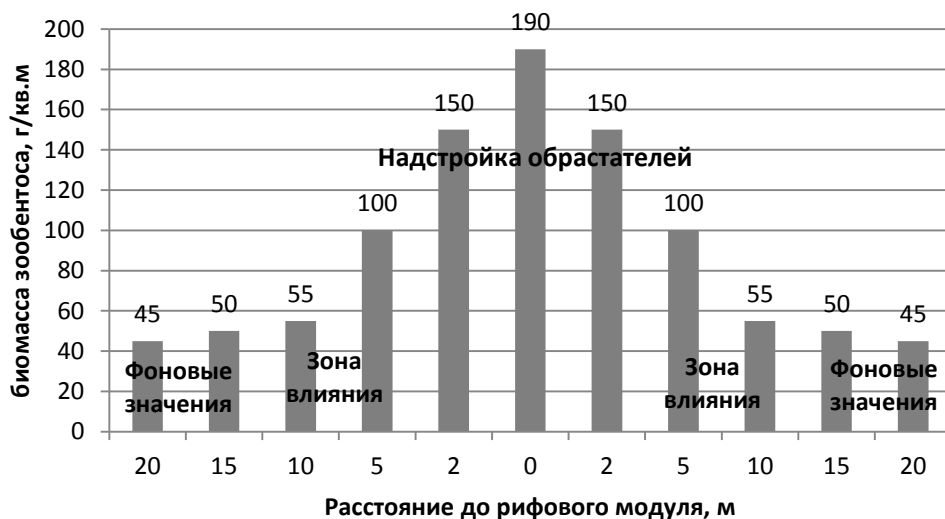


Рис. 3.6 Пространственная структура биомассы донных животных в районе модульной биостанции

Так, непосредственно на бетонном субстрате (в зоне надстройки обрастателей) формировалось сообщество обрастателей, обилие которых определялось усоногими раками (*Balanus improvisus*) и моллюсками (*Mytilaster lineatus*, *Dreissena polymorpha* и *D. rostriformes*). Относительная численность и биомасса обрастателей в этой зоне достигала $90\pm 10\%$, роль других животных в формировании сообщества была не столь незначительна (табл. 3.2).

Они были представлены массовыми видами амфипод (*Niphargoides similis*, *Dikerogammarus haemobaohes*, *Gammarus ischnus*), реже встречался краб *Rhithropanopeus harrissii*. Стоит отметить, что во всех районах, где были установлены модульные биостанции, видовой состав доминантов среди обрастателей оставался стабильным. В то же время здесь были обна-

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

ружены самые высокие показатели биомассы донных животных и самые низкие величины индексов биоразнообразия.

Таблица 3.2

Сравнение характеристик донной фауны в районе биостанции и на фоновом участке в Северном Каспии

Вид	Численность, экз./м ²		Биомасса, г/м ²	
	фон	район биостанции	фон	район биостанции
<i>Niphargoides similis</i>	120	150	0,45	0,5
<i>Niphargoides aequimanus</i>	-	2	-	0,008
<i>Stenocumaa graciloides</i>	2	5	0,002	0,005
<i>Cardiophilus baeri</i>	4	5	0,004	0,003
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	10	75	0,007	0,04
<i>Pterocuma pectinata</i>	-	10	-	0,01
<i>Didacna protracta</i>	2	4	0,5	0,6
<i>Cerastoderma lamarki</i>	12	60	2,3	10
<i>Abra ovata</i>	5	50	0,35	0,6
<i>Nereis diversicolor</i>	430	465	1,5	5
<i>Balanus improvisus</i>	60	130	0,6	1
<i>Mytilaster lineatus</i>	120	200	18	23
<i>Rhithropanopeus harrissii</i>	5	4	0,1	0,1
<i>Oligochaeta</i>	50	40	0,06	0,06
Всего	820	1200	24	41

Зона же влияния характеризуется обычно высокими показателями биологического разнообразия. Здесь наблюдалось обилие не только обрастателей, но и животных, не встречающихся непосредственно на искусственном субстрате. Численность зообентоса обычно была равной или превышала таковую на самой биостанции, однако количественные характеристики донных животных снижались по мере удаления от модульной конструкции, довольно быстро приближаясь к фоновым показателям.

Пелагическая индикаторная биостанция была разработана в Институте океанологии РАН (Патент РФ № 93773) с целью формирования индикаторного сообщества обрастаний, не влияющего на показатели биологического разнообразия. Пелагические индикаторные биостанции такого

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

типа были установлены на глубинах от 20 до 30 метров на срок от трех до шести месяцев (рис. 3.7).



Рис. 3.7 Пелагический модуль из полипропиленовых ершей (а) и из полипропиленовых рукавов (б)

Зона влияния такой станции минимальна, что позволяет, не воздействуя на исходные сообщества зообентоса, получить наименьшую площадь обрастаний в верхней части рифового модуля, служащую биологическим индикатором процессов, происходящих в морской среде.

Непосредственно рядом с биостанцией, как показали исследования, характеристики обилия и биологического разнообразия донных сообществ соответствовали фоновым значениям.

Индикаторные сообщества обрастаний на искусственном рифе были обследованы через 3 месяца после установки на глубине 20 м и через 6 месяцев на глубине 30 м. В первом случае индикаторная поверхность была полностью покрыта двустворчатыми моллюсками, усонogie ракообразные присутствовали единично. На глубине 30 м наблюдалась обратная картина - моллюски обнаруживались в очень малом количестве, вся поверхность рифового модуля была покрыта представителями рода *Balanus*.

Зообентос в районе индикаторной пелагической биостанции представлял собой биоценоз, основу численности которого составляли представители отряда *Cumacea* (80 % общего количества донных животных). При этом ядро биомассы приходилось на крупных моллюсков (*Didacna parallella*) (табл. 3.3).

Обилие ракообразных в районе биостанции указывало на благоприятные условия и свидетельствовало об отсутствии негативного влияния

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

на морскую биоту. Индекс видового сходства с фоновым участком составлял 0,75.

Таблица 3.3

Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ в районе индикаторной пелагической биостанции

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
Dikerogammarus haemobaphes	40	0,78
Corophium chelicorne	150	0,5
Gammarus ischnus	10	0,01
Pontoporeia affinis	10	0,11
Niphargoides derzhavini	50	0,01
Pterocuma rostrata	120	0,06
Schizorchynchus bilamellatus	2600	1,3
Balanus improvisus	70	4,3
Didacna parallella	30	66,5
Purgula caspia	30	3
Hypanis angusticostata	10	3,2
Всего	3120	79,77

Донный многослойный модуль и пелагические рифовые модули изготовлены из бетона, а пелагические части из полимерных материалов. Конструкция донной части предусматривает сквозные отверстия, служащие для увеличения полезной площади рифового модуля.

Пелагические элементы из полипропиленовых волокон и ткани, служат субстратом для сообществ микроорганизмов, необходимых для интенсификации процессов самоочищения морской среды. В сборе такая конструкция имеет высокую степень жизнестойкости по отношению к воздействию морской среды (рис. 3.8). Обоснованием для введения в конструкцию донной станции пелагических модулей послужили этологические исследования, которые показали, что субстрат из полипропиленовых волокон, объединенных в пучки и нанизанных на толстый полипропиленовый канат, создает универсальный биотоп для большого количества животных и растений, предпочитающих обитать именно на нем и дополнять биоразнообразие локального ценоза (рис. 3.9).

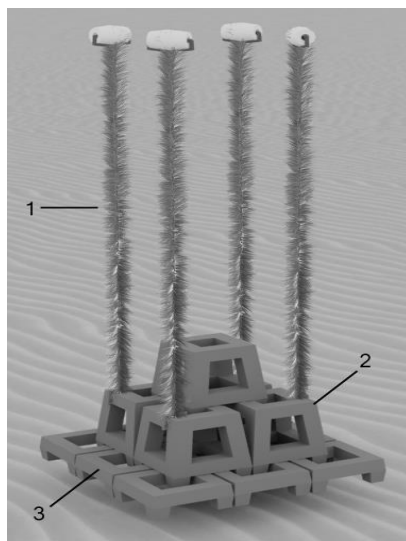


Рис. 3.8 Общий вид донной станции: 1 - полипропиленовые пелагические модули, 2 - решетчатые донные модули из бетона, 3 - решетчатые модули основания станции



Рис. 3.9 Общий вид донной станции через 6 месяцев после постановки

Конструкции на основе многослойных и пелагических модулей были установлены в точках экспериментального полигона с глубинами 15, 20 и 30 метров. Наиболее обильные сообщества сформировались в период исследований на биостанции, установленной на глубине 15 м. Зона ее влияния составляла около 10 м, там наблюдались трансформации сообществ

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

донной фауны, вызванные эффектом искусственного рифа. На глубинах более 20 м эффективность многослойных модулей оказалась невысокой, поэтому в отдельных случаях зона влияния искусственного рифа отсутствовала.

Зообентос в районе модуля характеризовался самым высоким обилием многощетинковых червей по сравнению с другими рифовыми модулями. Донное население в районе станции данной конструкции отличалось от других по структуре сообщества и доминирующим видам, в частности крайне низким количеством ракообразных (отр. Amphipoda и Cumacea), на фоне обилия червей (*Nereis diversicolor*) и прикрепленных ракообразных (*Balanus improvisus*), на долю которых приходилось до 80% численности и до 70% биомассы сообщества (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ в районе многослойного и пелагического рифовых модулей

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Niphargoides compactus</i>	3	0,05
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	6	0,01
<i>Cerastoderma lamarki</i>	15	1,7
<i>Balanus improvisus</i>	100	4,1
<i>Nereis diversicolor</i>	240	4,1
<i>Oligochaeta</i>	8	0,02
<i>Abra ovata</i>	20	1,7
Всего	392	11,68

Полученные данные свидетельствуют о значительной разнице показателей обилия и биомассы донных сообществ в районе биостанции и на фоновом участке. Так, обилие донных животных в районе многослойного рифового модуля превышало фоновые показатели в два раза, а биомасса - почти в 4 раза. Индекс видового сходства фоновых и контрольных сообществ составил 0,6, что свидетельствует о существенных различиях видового состава.

Проведенные исследования показали, что динамика водных масс на Северном Каспии, особенно в периоды затяжных штормов, имеет огромный разрушительный потенциал, устоять против которого в условиях открытого моря способно только бетонное сооружение, гасящее напор при-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

донной волны и создающее в своем внутреннем объеме турбулентные потоки, не позволяющие подвижным грунтам замыкать конструкцию снаружи и изнутри. Результаты исследований позволили оценить эффективность использования искусственных рифовых модулей различной конструкции для мониторинга состояния и загрязнения акватории Северного Каспия, подверженной интенсивному антропогенному воздействию.

В ходе исследований были отмечены следующие особенности отдельных конструкций:

- в районе установки комплексной рифовой биостанции формируется защищенная зона повышенной продуктивности, служащая местом нагула ценных видов рыб. Эта зона характеризуется интенсификацией процессов самоочищения морской среды в условиях хронического загрязнения нефтепродуктами, следовательно, может быть использована и для этих целей;
- формирование продуктивной площади, имеющей рыбохозяйственное значение, возможно только путем установки модульных бетонных рифовых станций на определенном расстоянии друг от друга. Высокопродуктивная зона влияет на пищевые миграции рыб, задерживая их в защищенном месте;
- разработанные индикаторные пелагические модули, имея минимальную зону влияния, могут служить для биологической индикации процессов, происходящих в морской среде. Они показали свою эффективность при исследовании хронического загрязнения морской среды в районах моря с глубинами до 20 метров.

Кроме того, в результате исследований были выявлены основные факторы, оказывающие, на наш взгляд, существенное воздействие на формирование биологических сообществ вблизи донных станций, и вообще искусственных рифов, на Северном Каспии. Дело в том, что здесь, на небольших глубинах в зоне смешения пресных волжских и соленых морских вод располагается гидрофронт, сопровождающийся значительными градиентами солености и температуры, что приводит к сравнительно низким показателям обилия и биологического разнообразия сообществ обрастаний на искусственных субстратах.

В районе биостанции может наблюдаться снижение обилия донных беспозвоночных, которое обычно происходит за короткий промежуток времени (от 10 суток), и может объясняться обилием бычковых рыб и их

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

высокой пищевой активностью. В этом случае развитие комплекса обрастаний изначально лимитируется развитием популяции бычковых рыб, что приводит к освоению искусственного субстрата только усоногими ракообразными, недоступными бычковым. Бычковые рыбы также используют искусственные конструкции и модули в качестве укрытий и субстрата для нереста. Высокие показатели их численности (20-30 экз./м²) на ограниченных участках, скорее всего, и являются причиной снижения обилия донных животных в районах установки биостанций.

В условиях полного отсутствия или при незначительной концентрации бычковых рыб в районе биостанции наблюдается быстрый процесс заселения искусственного субстрата организмами-обрастателями, в первую очередь, моллюсками и усоногими ракообразными. В дальнейшем наблюдается увеличение обилия сопутствующего биологического комплекса - высших ракообразных и червей. Это приводит впоследствии к формированию зоны влияния, где биота искусственного рифа уже больше подчиняется естественному ритму сезонных изменений обилия живых организмов, которое практически не отличается от фоновых значений.

Появление бычковых рыб в зоне влияния приводит к снижению численности обрастаний, т.к. они выедают мягкие «кормовые» объекты, что ведет к снижению численности многощетинковых червей и ракообразных в составе обрастаний. Дальнейшее присутствие бычковых рыб приводит к тому, что они начинают потреблять доступных им по размеру моллюсков обрастателей (*Mytilaster lineatus*). В то же время, часть моллюсков, имеющих достаточно крупные размеры, сохраняется, т.к. бычки не в состоянии использовать в пищу столь крупные пищевые объекты. Это подтверждается результатами анализа размерной структуры *Mytilaster lineatus* в районе биостанции и на фоновых участках. Вблизи биостанции происходит снижение численности размерных групп моллюсков в диапазоне 5-7 мм, что обусловлено их доступностью для бычковых рыб, а так же свидетельствует о некоторой степени избирательности бычками моллюсков этой размерной группы.

Таким образом, недоступные бычкам крупные моллюски сохраняются, продолжая обеспечивать высокую биомассу сообщества обрастаний, а так же поддерживать относительно высокую численность ракообразных (в основном отр. Amphipoda).

**3.1.2 Выбор индикаторных групп живых организмов из
биоценозов локальных экосистем донных станций
для мониторинга состояния морской среды**

Наши исследования показали, что локальная экосистема донной станции обычно формируется в течение вегетационного периода, который обычно на Северном Каспии длится с середины весны до начала осени. Сообщество, пригодное для мониторинга состояния морской среды, формируется уже в июле месяце в первый год установки станции.

В период проведения тестовых испытаний конструкции биостанций в 2006-2009 гг. на основе анализа этологических и экологических особенностей развивающихся на них биоценозов (растений, микроорганизмов, беспозвоночных и высших позвоночных организмов) был проведен отбор наиболее информативных для целей мониторинга индикаторных гидробионтов.

Результаты анализа собранных данных о локальных сообществах, населяющих биостанции различной конструкции, показали, что их видовой состав даже в разных районах моря изменялся незначительно и в целом состоял из нескольких основных групп организмов. Большую часть животного сообщества, стационарно обитающего на субстрате донных станций, занимали обрастатели, прежде всего двустворчатые моллюски (р. *Mytilaster* и р. *Dreissena*) и усоногие раки - *Balanus improvisus*.

Как показали наблюдения, донные станции формировали вокруг себя отложения детрита – остатков органического вещества, входящего в спектр питания многих видов бентофауны, поэтому вокруг станций концентрировались представители инфауны, такие как черви, моллюски, ракообразные, которые в силу своей значительной оседлости также могут рассматриваться как потенциальные биоиндикаторы. Кроме того наблюдения показали, что вокруг станций, в условиях придонных течений образовывались турбулентные зоны, в которых накапливалась взвешенная органика, переносимая водными потоками. В таких местах концентрировалась индикаторная группа донных фильтраторов – моллюски рода *Didacna*.

В таблицах 3.5 и 3.6 показаны представители бентосных сообществ с оценкой степени их информативности для экологических исследований, которых можно использовать в качестве биоиндикаторов.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 3.5

**Численность и биомасса донной фауны на донных станциях и их
индикаторные свойства**

Вид (группа)	Численность, экз/м²	Биомасса, г/м²
<i>Nereis diversicolor</i>	65	0,89
<i>Mytilaster lineatus</i>	75	1,89
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	10	0,13
<i>Abra ovata</i>	3	0,09
<i>Oligochaeta</i>	134	0,12
<i>Stenocuma graciloides</i>	1	0,00
<i>Stenogammarus similis</i>	586	0,38
<i>Hypanis vitrea</i>	0	0,23
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	1	0,00
<i>Theodoxus pallasi</i>	44	0,95
<i>Didacna bardotdemarnyi</i>	3	5,23
<i>Balanus improvisus</i>	11	0,20
<i>Chaetogammarus ischnus</i>	24	0,01
<i>Niphargoides compactus</i>	0	0,00
<i>Cardiophilus baeri</i>	1	0,00
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	1	0,01
<i>Schizorhynchus scabriusculus</i>	0	0,00
Всего:	956	10,14

См. примечание к табл. 3.6

Таблица 3.6

**Численность и биомасса рыб и ракообразных на донных станциях и их
индикаторные свойства**

Вид/группа	Численность, экз/м²	Биомасса, г/м²
p. <i>Neogobius</i>	До 50	До 600
p. <i>Benthophilus</i>	До 5	До 20
<i>Palaemon elegans</i>	До 200	До 200
<i>Palaemon adspersus</i>	До 20	30
<i>Musidae</i>	До 300	3

Примечание. Светло-серым цветом выделены информативные индикаторные группы, серым - потенциально информативные индикаторные группы, темно-серым - неинформативные для биоиндикации группы

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Среди **позвоночных гидробионтов** наиболее показательной группой, пригодной для биоиндикации, являются бычки, постоянно обитающие на донных модулях. Находясь на вершине пищевой пирамиды и питаясь преимущественно моллюсками и ракообразными непосредственно в местах наблюдений, они накапливают в себе информацию об особенностях состояния и загрязнения окружающей среды.

Среди **прикрепленных и подвижных форм**, обитающих на субстрате донных станций, большим разнообразием отличаются микроводоросли.

Ввиду микроскопических размеров этих существ, в разной степени способных к фотосинтезу, их принято обозначать как «микрофиты» - в противоположность макрофитам, имеющим макроскопические размеры. Поскольку микрофиты потребляются в пищу зообентосом и, таким образом, вносят свой вклад в трофические взаимодействия донной экосистемы, а также проявляют свои реакции на изменения среды, мы можем рассматривать эти виды в качестве интегральных показателей.

Микрофиты принадлежат к систематическим группам, в разной степени способным добывать энергию для жизни за счёт фотосинтеза. Они занимают самый верхний слой донных отложений, а также поверхности элементов конструкции донных станций.

Микрофиты образуют сообщества, в составе которых есть организмы, по-разному воспринимающие смену характеристик среды (температуры, солёности, уровня органического загрязнения, в т.ч. эмульгирующего, создаваемого на поверхности частичек донного осадка мазутом и другими вязкими органическими веществами антропогенного происхождения). На основании сходных реакций на изменения среды, а также размерных, морфологических и физиологических характеристик, они объединяются в размерно-экологические группы. По соотношению этих групп в составе биоценозов можно судить о состоянии среды в определенный момент времени, поскольку срок жизни отдельно взятого микрофита составляет, в среднем, не более суток.

Резкая смена физико-химических свойств среды отражается на структуре микрофитного ценоза уже через 12-24 часа. За это время сокращается обилие организмов, не приспособленных к новым условиям (одни из них вымирают в ближайшие часы, другие перестают размножаться и, по

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

истечения максимального времени жизни, тоже покидают сообщество). Отдельная группа продолжает жить и размножаться в обычном режиме.

Если форма воздействия на среду не носит радикально-истребляющего характера, то эта группа, получает возможности для эффективного размножения в новых условиях. На основании этих реакций весь набор размерно-экологических групп микрофитов делится на индикаторные группировки.

Например, на поверхности песчинок и фрагментов битой ракуши, образующих поверхностный слой донных отложений, обитают бентические диатомеи (*Bacillariophyta*): одноклеточные существа, покрытые составными панцирями из выделяемого их клетками аморфного опала. Их панцири состоят из двух створок, расположенных у большинства диатомей одна над другой, и вставочных элементов между ними. Они используют миксотрофный (смешанный) тип питания, добывая энергию отчасти за счёт фотосинтеза, а также за счёт усвоения растворённых в воде органических веществ.

Поскольку клетка диатомеи одета в прозрачный минеральный панцирь, свет проникает к её хлоропластам свободно, а контакт цитоплазмы с внешней средой происходит через множество пор в панцире. Структура и расположение этих пор, а также форма и размер панциря, и наличие других его элементов, имеющих функциональные нагрузки, служат диагностическими признаками – не только для отнесения диатомеи к определённой систематической группе, но и для её принадлежности к одной из размерно-экологических групп.

В частности, весьма многочисленные в не подвергавшихся стрессу сообщества мелкие диатомеи (до ~15 мкм длиной), обитающие на поверхности минеральных частиц осадка, являются индикаторами отсутствия или же низкой концентрации органического загрязнения (в особенности – эмульгирующего). Эти существа используют неровности минеральной поверхности для прикрепления или же перемещения на незначительные, ввиду своих малых размеров, расстояния.

Поэтому при загрязнении этой поверхности слоем оседающей органики они оказываются неспособны преодолеть создающийся барьер между ними и средой, их панцири покрываются налипающей нано-плёнкой органики, переставая пропускать свет, поры закупориваются и клетки вскоре умирают, оставшись погребёнными под слоем эмульгирующего загрязне-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ния прямо на поверхности своих местообитаний (песчинок и крошек от раковин моллюсков).

Индикаторной группой в биоте Каспия является и **подводная растительность**. Например, такие макрофиты, как лауренсия и полисифония обильно растут в относительно чистых морских водах с невысоким содержанием органики. Другие виды макрофитов, такие как энтероморфа и кладофора, напротив, предпочитают обогащенные органикой воды (рис. 3.10). Хорошим примером тому могут быть известные всем вспышки развития энтероморфы в прибрежных водах Черного моря, в районах от Анапы до Новороссийска, в пик курортного сезона, когда в воде много органики. Поэтому, в процессе мониторинга на стационарных станциях смена состава макрофитов в сообществе служить индикатором изменений качества среды, связанных с органическим загрязнением.

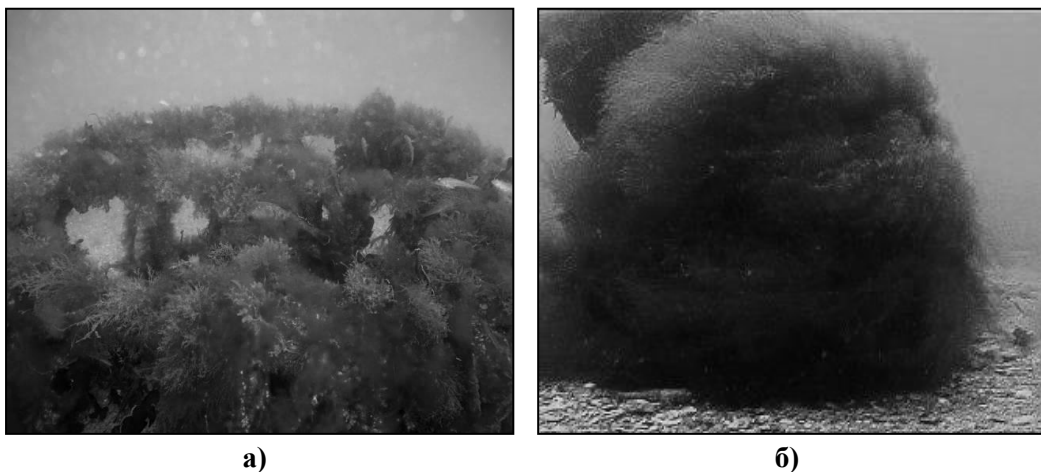


Рис. 3.10 Заросли полисифонии и лауренсии (а), кладофоры и энтероморфы (б)

Таким образом, наши исследования показали, что видовой состав локального сообщества может служить показателем экологического благополучия их местообитания. Например, постоянное присутствие в точке наблюдений того или иного загрязнения сужает спектр видовой состава и выводит из сообщества наиболее чувствительных гидробионтов, что легко определяется сравнительным анализом с показателями подобного сообщества, обитающего в экологически благоприятной фоновой контрольной точке. Если уровень загрязнения низкий (как часто наблюдается при хро-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ническом загрязнении водных объектов), а устойчивость биоценоза достаточно высока, видовой состав биостанции может и не измениться. В этом случае присутствие загрязняющих веществ (ЗВ) в среде можно определить по физиологическому состоянию (кровь, печень, различные ткани) индикаторных групп животных, либо по концентрации ЗВ в их теле.

Например, бычки, занимающие верхние уровни пищевой пирамиды и питающиеся преимущественно моллюсками-фильтраторами, накапливающими в себе токсические вещества, скорее всего, будут иметь «плохую» кровь, поражения печени и других внутренних органов, что может быть выявлено физиологическими методами исследований. Моллюски, в свою очередь, также являются потенциальными биоиндикаторами. Профильтровывая большие объемы воды, они накапливают в себе токсиканты, которые можно определить химико-аналитическими методами.

Следовательно, формирование локальной экосистемы в заданной точке наблюдений открывает возможность стационарных мониторинговых исследований, позволяющих качественно и разносторонне оценить состояние биоты, ее изменения под воздействием не только острого, но и хронического загрязнения. Поскольку исследования (Островская и др., 2014, 2016; Панин и др., 2005; Умербаева и др., 2014) показывают, что именно хроническое загрязнение морской среды стало в последнее десятилетие основным негативным фактором на исследуемой акватории, изучение его воздействия на биоту особенно актуально.

Методы мониторинга с помощью донных станций постоянно совершенствуются, в ближайшее время планируется провести тестовые исследования по отбору проб биологического материала для химического и физиологического анализа с целью выявления воздействия загрязнения морской среды на биоту.

Разработанные конструкции донных станций могут быть использованы не только для проведения исследований, но и в перспективе для восстановления запасов морского судака и других рыб, восстановления численности осетровых и тюленя, кормовая база для которых широко представлена на биостанциях. Условия обитания ихтиофауны на биостанциях благоприятны для роста численности и размерного диапазона рыб. На биостанции с полезной площадью 12 м² (площадь субстрата биостанции, площадь прилегающего участка дна) в среднем может обитать около 1000 экз. рыб с общей биомассой 50 кг, треть из которых обычно представлены ры-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

бами промысловых размеров. Кроме того, субстрат биостанции обильно покрывают сообщества перифитона, их большая часть активно фильтрует воду, способствуя ее очистке от загрязняющих веществ. Как показали наблюдения, достоинством, например, пирамидальных биостанций является их высокая уловистость сетями, что препятствует браконьерскому лову, и таким образом создает условия для безопасного нагула и миграций осетровых рыб.

Единственное отрицательное явление, наблюдаемое в месте постановки биостанции, это дефицит бентоса, большая часть которого выедается бычками, чьи популяции в отсутствие хищников имеют практически неограниченный потенциал для роста.

3.2 Оценка состояния макрозообентоса в районе месторождения им. Ю. Корчагина на Северном Каспии с помощью донных станций

Как указывалось в разделе 3.1.2, на Северном Каспии для мониторинга изменений морской среды и биоты в районе нефтегазовых месторождений с недавних пор стали использовать донные биостанции, изготовленные в соответствии с патентом на изобретение № 2314386 от 05.06.2006. В районе месторождения им. Ю. Корчагина, где добыча нефти началась в 2010 г., было установлено 12 донных биостанций, служащих опорными точками системы производственного экологического мониторинга. Как упоминалось выше, сообщества эпифауны, сформировавшиеся на самих станциях, и донные сообщества, возникшие на месте их установки, могут служить индикаторами долговременных, в т.ч. накопленных, изменений состояния морской среды и биоты, обусловленных техногенным воздействием. С целью определения параметров изменений сообществ макрозообентоса в районе месторождения в 2014 г. были проведены исследования установленных биостанций. Координаты мест пробоотбора были ограничены квадратом с вершинами в точках N44°55,634', E48°57,517', N44°55,393' E44°55,393', N44°54,059', E48°57,517', N048°57,517', E48°56,675'. Таким образом, площадь района исследований

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

составила около 6 км². Глубина моря в местах установки донных станций составляла 11-12 м.

В районе каждой донной станции было отобрано 5 проб зообентоса, 10 проб отбиралось на фоновых участках, удаленных от донных станций не менее чем на 500 метров. Площадь захвата грунта пробоотборником составляла 0,01 м², заглубление в грунт при отборе пробы – 0,15 м. Разбор проб проводился по стандартным методикам (Руководство по методам..., 1983), промывка проб осуществлялась через сито с диаметром ячеек 0,5 мм. Отобранные в результате промывки и отмучивания организмы зообентоса фиксировались 4% раствором формальдегида для последующей видовой и размерно-весовой идентификации в лаборатории.

Для определения значимости вида определяли его долю (%) не только в численности и биомассе, но и в суммарном дыхании сообщества (Кучерук, 1985; Кучерук, Савилова, 1985; Azovsky et al., 2004; Olsgard, Gray, 1995), рассчитываемую по формуле:

$$R_i = A_i Q_i / \sum A_i Q_i = A_i V_i^{0,75} N_i^{0,25} / \sum A_i V_i^{0,75} N_i^{0,25}, \quad (3.1)$$

где A_i – специфичный для таксона коэффициент удельной интенсивности метаболизма (Алимов, 1979), V_i – биомасса i -го таксона и N_i – его численность.

Проведенные исследования показали, что бентофауна в районе месторождения им. Ю. Корчагина была представлена 17 видами донных животных, среди которых 9 видов ракообразных, 6 видов моллюсков и не менее двух видов червей, олигохеты до вида не определялись (табл. 3.7). Обилие ракообразных и моллюсков было характерно для района исследований, что подтверждается многочисленными исследованиями (Карпинский, 1984; Малиновская, 2000, 2002; Малиновская, Зинченко, 2010; Яблонская и др., 1975). Несмотря на относительно богатый состав макрозообентоса, к массовым видам (встречаемость по станциям 85-100%) можно отнести только многощетинкового червя *Hediste diversicolor*, олигохет, моллюсков *Mytilaster lineatus* и *Theodoxus pallasii*, а также амфиподу *Stenogammarus similis*. К видам второго ранга можно отнести моллюсков *Cerastoderma lamarcki*, *Abra ovata*, *Didacna barbotdemarnyi*, ракообразных *Balanus improvisus* и *Chaetogammarus ischnus*. Для них характерна встречаемость в пределах 30-45 % станций. К редким видам, с встречаемостью менее 15%, относятся шесть видов ракообразных и один вид моллюсков.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 3.7

**Видовой состав, численность (экз/м²) и биомасса (г/м²) донной фауны в
районе месторождения им. Ю. Корчагина**

Вид	Донные станции		Фоновый участок	
	численность	биомасса	численность	биомасса
<i>Hediste diversicolor</i>	300	3,9	800	12
<i>Oligochaeta</i>	560	< 1	1200	< 1
<i>Schizorhynchus scabriusculus</i>	5	< 0,1	–	–
<i>Stenogammarus similis</i>	2900	1,8	1300	1,6
<i>Balanus improvisus</i>	2	1,1	–	–
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	2	< 0,1	20	0,1
<i>Chaetogammarus ischnus</i>	15	< 0,1	–	–
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	50	< 0,1	180	< 1
<i>Stenocuma graciloides</i>	133	0,01	20	<0,1
<i>Niphargoides compactus</i>	3	< 0,1	–	–
<i>Cardiophilus baeri</i>	–	–	20	< 0,1
<i>Theodoxus pallasii</i>	220	4,88	20	0,1
<i>Mytilaster lineatus</i>	220	7,4	2200	36
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	20	0,5	440	3
<i>Abra ovata</i>	7	< 1	120	5
<i>Hypanis vitrea</i>	2	1,25	–	–
<i>Didacna bardotdemarnyi</i>	3	29	–	–
Всего	4400	50	6300	60

О полноте раскрытия видового состава макрозообентоса на исследованном участке можно судить по кривой накопления видов, изображенной на рис. 3.11. На графике показано, что на уровне 35 проб (что составляет 50% отобранных проб) можно ожидать выявление 14 видов в составе макрозообентоса при вероятностном разбросе от 11 до 17 видов, что составляет 65-100% видового состава донных животных на исследованной территории. На уровне фактического количества собранного и обработанного материала (70 проб) кривая накопления не выходит на плато, что свидетельствует о неполном раскрытии видового состава и говорит о возможном присутствии незарегистрированных в пробах видах. Тем не менее, с учетом того, что список видов не менее чем на 40% состоит из редко встречающихся видов, можно с уверенностью говорить об относительно полном раскрытии видового состава в районе исследований.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

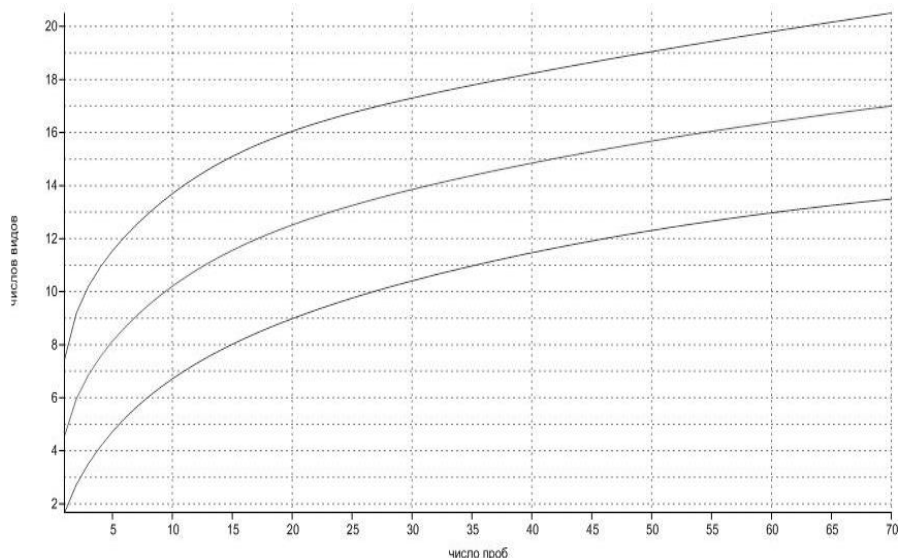


Рис. 3.11 Накопление видов зообентоса при увеличении числа проб

Средняя численность донной фауны в зоне влияния биостанций составляла 4400 экз./м² при колебаниях $\pm 46\%$, а на фоновых участках – 6300 экз./м² ($\pm 36\%$). Места постановки биостанций и фоновые участки отличались друг от друга не только по численности, но и по структуре (рис. 3.12).

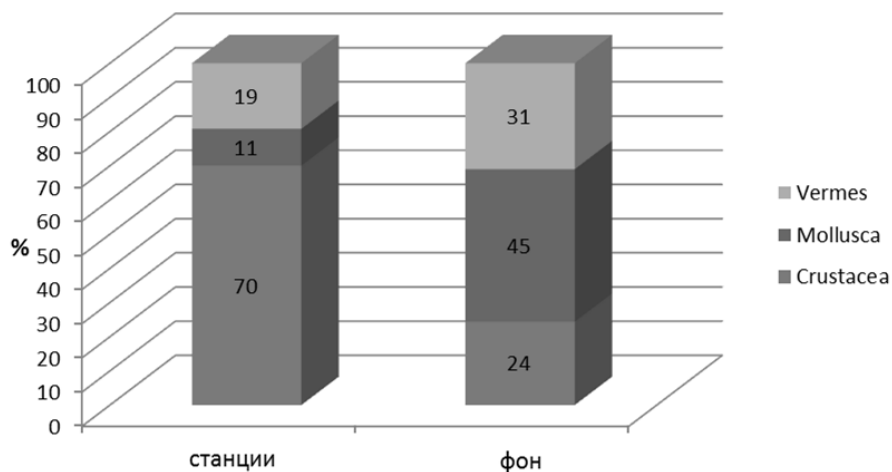


Рис. 3.12 Структура численности (%) донной фауны в районе донных станций и на фоновых участках

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Вблизи биостанций основу численности составляли ракообразные, на долю которых приходилось 70% общей численности макрозообентоса, тогда как на фоновых участках доля ракообразных составляла всего 24%. Среди ракообразных в обоих случаях по численности доминировал массовый для северной части Каспийского моря вид амфипод *S. similis* (рис. 3.13). Его доля в составе донных ракообразных вблизи биостанций составляла 93%, а на фоновых – 84%. Однако в абсолютных значениях численность *S. similis* на фоновых участках была в два раза ниже, чем в местах постановки биостанций.

Численность большинства других видов ракообразных вблизи биостанций была выше, чем на фоновых участках. Исключение составили два вида (*D. haemobaphes* и *R. harrisi*), численность которых на фоновых участках была выше. При этом *D. haemobaphes* вносил заметный вклад (12%) в общую численность макрозообентоса на фоновых участках. Остальные виды ракообразных здесь были немногочисленны. Вблизи биостанций заметный вклад в общую численность помимо *S. similis* вносил еще один вид ракообразных из отряда Cumacea – *S. graciloides* (4%). Остальные виды были также немногочисленны.

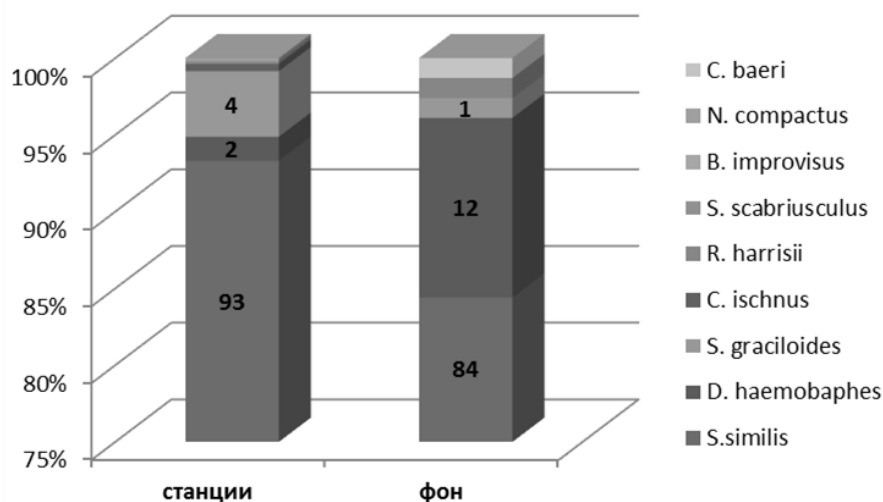


Рис. 3.13 Структура численности ракообразных в районе донных станций и на фоновых участках

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Существенные различия обнаруживаются при сравнении видовых списков ракообразных, обитающих вблизи биостанций и на фоновых участках. Так, в первом случае было зарегистрировано 8 видов, а во втором описано только 5 видов. В местах постановки биостанций было встречено 7 видов моллюсков, а на фоновых участках – только 5 видов. При этом численность моллюсков на фоновых участках была в 10 раз выше, чем вблизи биостанций. Из четырех видов, отличающихся сравнительно большой численностью особей, один вид доминировал на основном полигоне (*T. pallasii*), три вида доминировали на фоновом полигоне, при этом на первом месте по численности стоял *Mytilaster lineatus*, на втором – *S. lamarcki*, а на третьем – *A. ovata*. Следует отметить, что все три вида являются вселенцами в Каспийское море. Численность червей на фоновых участках также была выше, чем в районе биостанций. Это было характерно как для *Oligochaeta*, так и для *Polychaeta*, причем последние были представлены единственным видом *H. diversicolor*. В обоих случаях по численности преобладали *Oligochaeta*. Средняя биомасса макрозообентоса вблизи биостанций составила 50 г/м², а на фоновых участках – 60 г/м². При этом данные участки слабо отличались друг от друга по структуре биомассы макрозообентоса (рис. 3.14).

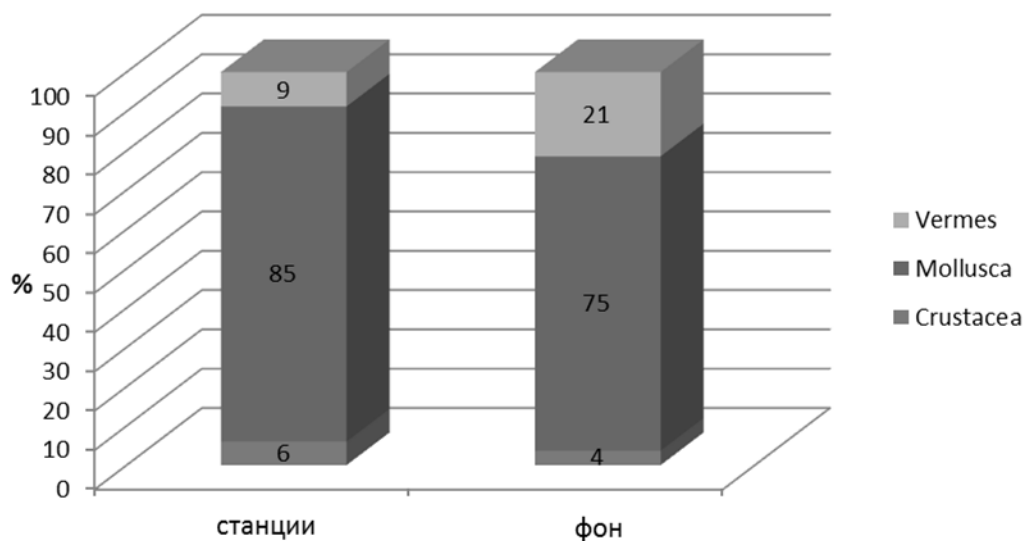


Рис. 3.14 Структура биомассы донной фауны в районе донных станций и на фоновых участках

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

В обоих случаях по биомассе преобладали моллюски (75-85%), затем шли черви (9-21%) и ракообразные (4-6%), среди червей по биомассе доминировал *H. diversicolor*, среди ракообразных – *S. similis*. Биомасса моллюсков также в обоих случаях была примерно одинакова (42 и 44 г/м² вблизи биостанций и на фоновых участках, соответственно), однако отмечались существенные различия в показателях разнообразия моллюсков и структуре их биомассы. Так, вблизи биостанций было зарегистрировано 6 видов моллюсков против 4 на фоновых участках. Доминировавшая по биомассе вблизи донных станций *D. bardotdemarnyi*, отсутствовала на фоновом участке, однако этот факт, по всей видимости, можно объяснить ограниченностью числа проб, отобранных в фоновом районе. На фоновых участках по биомассе, также как и по численности, преобладал *M. lineatus* (рис. 3.15).

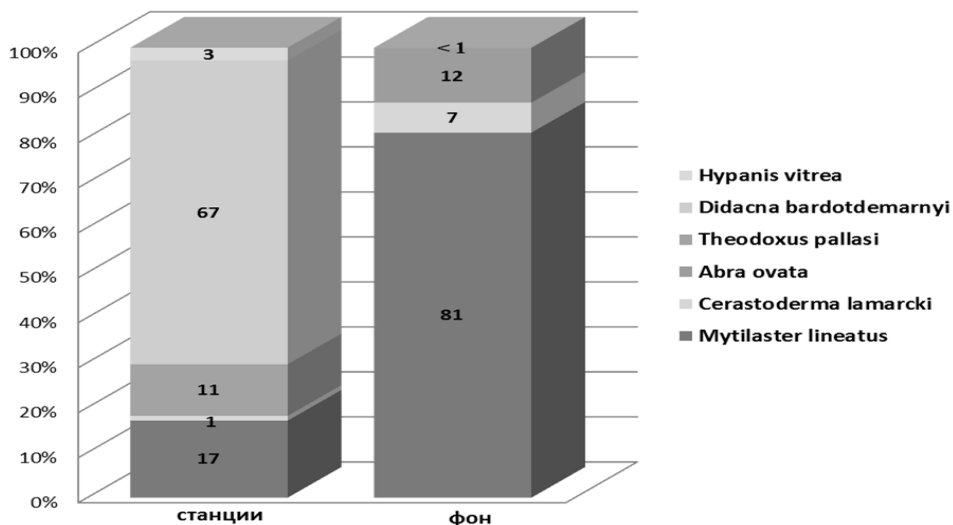


Рис. 3.15. Вклад отдельных видов в общую биомассу моллюсков в районе донных станций и на фоновых участках

Для массовых видов макрозообентоса, присутствующих на фоновых участках и вблизи донных станций, была рассчитана доля каждого из них в дыхании сообщества, что позволило установить дополнительные различия между ними по гидробиологическим условиям (рис. 3.16).

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

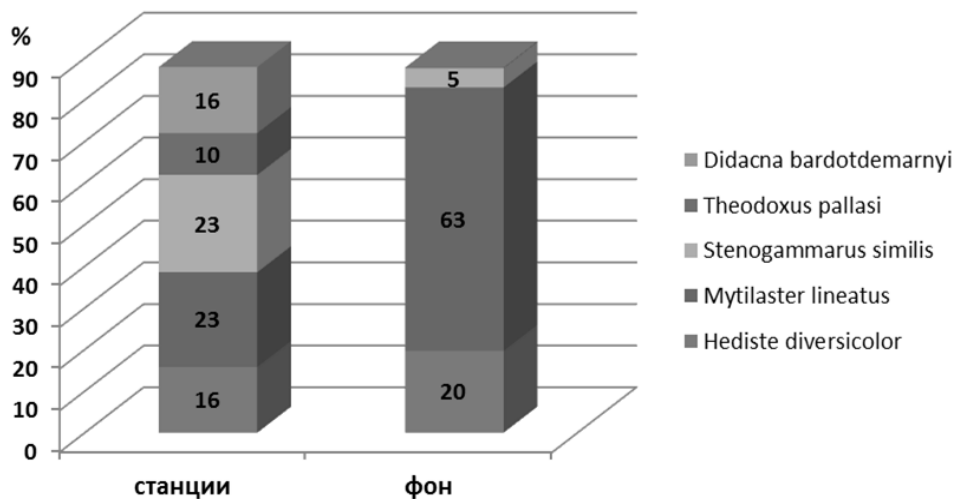


Рис. 3.16 Вклад массовых видов макрозообентоса в дыхание сообщества в районе донных станций и на фоновых участках

Так, в метаболизм сообщества вблизи донных станций заметный вклад вносят *S. similis* и *M. lineatus*, на долю которых приходится 46% дыхания. Это сообщество дополняется полихетами *H. diversicolor* и моллюсками *D. barbotdemarnyi*. Доля этих четырех видов в дыхании сообщества макрозообентоса составляла 78%. На фоновом участке наблюдается четкое доминирование *M. lineatus* в метаболизме сообщества, что обусловлено его высокой численностью и биомассой на рассматриваемых участках. Таким образом, здесь наблюдается устойчивое сообщество *M. lineatus*, дополненное полихетами *H. diversicolor*.

Донная фауна вблизи биостанций отличается большим разнообразием по сравнению с фоновыми участками, но биомасса и, особенно, численность макрозообентоса на фоновых участках обычно выше. Большое разнообразие объясняется усложнением экотопа, обусловленным установкой донных станций.

Снижение численности и биомассы макрозообентоса в районе донных станций, скорее всего, объясняется пищевой активностью бентосоядных рыб, главным образом, бычков (в основном *Neogobius melanostomus affinis* и *N. pallasii*), численность которых в районе расположения биостанций, по данным визуальных наблюдений на порядок выше, чем на фоновых участках. Отметим в связи с этим, что результаты исследований, по-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

священных питанию бентосоядных рыб в Северном Каспии, показывают важную, порой ведущую, роль этого фактора в динамике макрозообентоса (Ардабьева и др., 2004; Чиженкова и др., 2010; Яблонская и др., 1975).

Наше предположение подтверждают следующие факты:

1) численность и биомасса червей (как *Polychaeta*, так и *Oligochaeta*), являющихся объектами питания бентосоядных рыб, вблизи биостанций ниже, чем на фоновых участках;

2) численность и биомасса мелких ракообразных (*S. similis*, *S. graciloides*, *S. scabriusculus*), недоступных или малодоступных рыбам, вблизи биостанций выше, чем на фоновых участках. При этом численность крупных ракообразных (например, хорошо поедаемых рыбами *D. haemobaphes*) распределена противоположным образом;

3) численность и биомасса крупных, мало используемых рыбами моллюсков, а также мелких, но хорошо защищенных гастропод *T. pallasii* вблизи биостанций выше, чем на фоновых участках, где преобладают мелкие, поедаемые рыбами моллюски (митилястер, церастодерма и абра).

Следует также отметить, что установка донных станций привела к изменению метаболизма донного сообщества. Заметный вклад в его дыхание там вносят несколько видов, тогда как на фоновом участке в дыхании, так же, как в численности и биомассе, лидирует только один вид.

С точки зрения стратегической задачи исследований, состоящей в мониторинге и оценке изменений экосистемы Северного Каспия в районах обустройства месторождений, важно отметить большее разнообразие, повышенную численность и биомассу ракообразных, отличающихся высокой чувствительностью к загрязнению, вокруг донных станций, установленных в непосредственной близости от нефтяной платформы. Этот факт указывает на достаточно хорошее качество среды обитания гидробионтов в этом районе.

Глава 4. Мониторинг локальных биологических сообществ для оценки воздействия объектов нефтегазодобывающей инфраструктуры в Северном Каспии

4.1 Особенности локальных биологических сообществ в районах строительства поисково-разведочных скважин

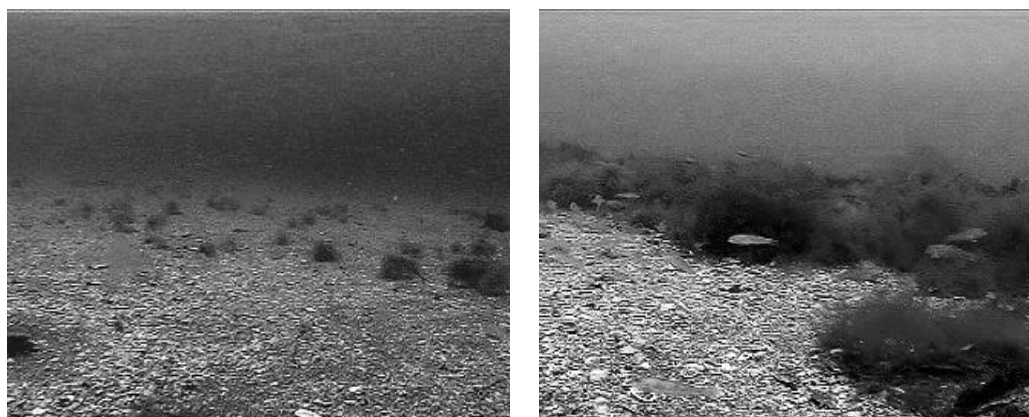
Деятельность нефтегазодобывающих компаний по освоению месторождений на шельфе Каспийского моря предусматривает создание и развитие подводной инфраструктуры. При этом объекты, возведенные на морском дне или опирающиеся на него, оказывают влияние на состояние донных сообществ. В масштабе моря, возможно, это влияние невелико, однако непосредственно в точках расположения подводных конструкций возможны существенные изменения в состоянии биологических сообществ (Davis et al., 1982).

Первыми объектами подводного строительства являются поисково-оценочные скважины. Используемые для их сооружения плавучие буровые установки устанавливаются в точках бурения на срок около 3-6 месяцев, соответственно их воздействие на биоту является временным. Тем не менее, даже краткосрочное пребывание опорных конструкций на морском дне существенно изменяет состояние водных сообществ, в том числе приводит к образованию локальных экосистем (Ушивцев и др., 2011).

Покажем это на примере скважины Хвалынская-1, пробуренной в 2000 г. на Северном Каспии. В точке бурения на глубине 30 м была установлена самоподъемная буровая установка со следующими подводными техническими характеристиками: количество опор – 3; площадь каждого башмака опоры - 75 м²; площадь рабочей площадки на дне - 4 тыс. м²; пенетрация опор - 1,5 м. СПБУ стояла на точке бурения 5 месяцев, в период с апреля по август 2000 г.

Проведенная в 500 метрах от СПБУ ландшафтная съемка фонового состояния показала равнинный рельеф дна, однообразный донный ландшафт с редкими пятнами фитобентоса, представленного полисифонией (рис. 4.1). Поверхностный слой донных осадков был представлен смесью из крупного песка, битой и целой ракуши.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**



а)

б)

Рис. 4.1 Вид донного ландшафта в районе СПБУ: а) в 500 метрах от места установки; б) в 5 метрах от башмака

Фоновая бентосная съемка в этом районе показала, в целом, довольно типичную для этого района моря картину распределения (табл. 4.1; рис. 4.2).

Таблица 4.1

**Характеристики донных сообществ на фоновом полигоне,
расположенном в 500 метрах от СПБУ**

Вид	Численность, экз/м²	Биомасса, г/м²
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	30	0,53
<i>Corophium chelicorne</i>	250	0,86
<i>Gammarus ischnus</i>	100	0,08
<i>Amathillina cristata</i>	5	0,1
<i>Gammarus pauxillus</i>	3	0,004
<i>Niphargoides similis</i>	35	0,09
<i>Balanus improvisus</i>	759	29,8
<i>Mytilaster lineatus</i>	320	51,1
<i>Didacna protracta</i>	3	1,2
<i>Theodoxus pallasii</i>	12	0,65
<i>Oligochaeta</i>	10	0,01
<i>Nereis diversicolor</i>	45	1,76
<i>Polysiphonia caspia</i>		5,6
Всего	1572	90,85

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

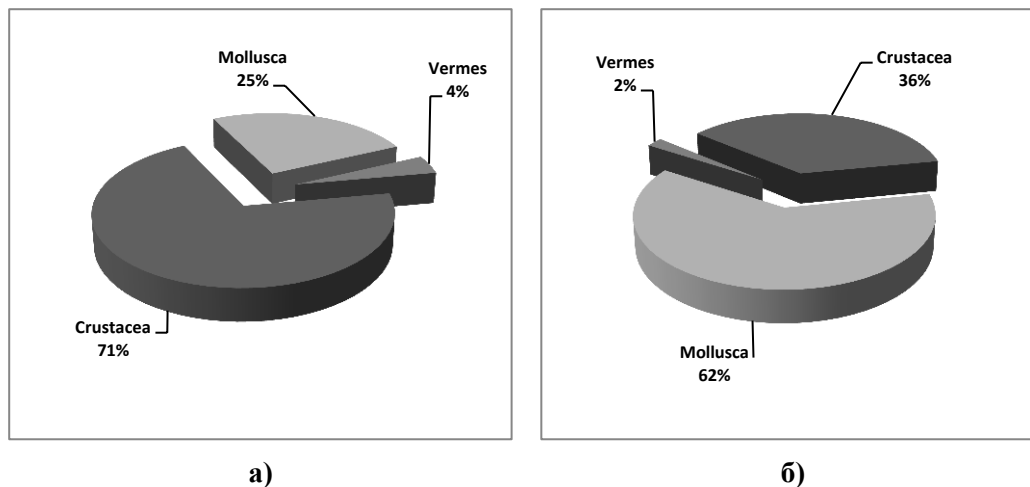


Рис. 4.2 Структура донной фауны в 500 метрах от СПБУ: а) по численности, б) по биомассе

Донный биоценоз на удалении 500 м от СПБУ на 70% был образован ракообразными, среди которых доминировал *Balanus improvisus*. Вклад этого вида в численность сообщества достигал 50%. Было обнаружено также обилие ракообразных отряда Amphipoda, представленных 6 видами. Общая численность амфипод достигала 450 экз/м², доля их в формировании численности зообентоса составляла 27%. Основу биомассы составляли прикрепленные формы *Balanus improvisus* и *Mytilaster lineatus*, на долю которых приходилось до 90% биомассы сообщества. Индекс биологического разнообразия Шеннона, рассчитанный по численности составлял 2,19.

В месте установки СПБУ состояние донного сообщества существенно отличалось от того, что наблюдалось на удалении от нее. Прежде всего, такой крупный объект, как подводная часть буровой установки существенно изменила характеристики придонных течений (аналогичные эффекты обсуждаются в (Davis et al., 1982; Macreadie et al., 2011)), что привело к аккумуляции вокруг нее различного рода органики (детрита, остатков высших водных растений и т.п.). Это, по-видимому, способствовало изменению ландшафта и увеличению биомассы макрофитов (рис. 4.2б). Выступая в роли крупного искусственного рифа, буровая установка стала формировать вокруг себя локальную экосистему с высоким биоразнообразием и численностью организмов, о чем свидетельствовали результаты проведенной бентосной съемки (табл. 4.2; рис. 4.3).

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

Таблица 4.2

Характеристики донных сообществ вокруг СПБУ

Вид	Численность, экз/м²	Биомасса, г/м²
Dikerogammarus haemobaphes	158	4,0
Corophium chelicorne	1080	3,3
Gammarus ischnus	1440	0,8
Corophium mucronatum	650	1,5
Amathillina cristata	50	1,2
Niphargoides similis	105	0,32
Corophium nobile	65	0,51
Cardiophilus baeri	37	0,07
Schizorchynchus bilamellatus	8	0,004
Balanus improvisus	1500	45,3
Mytilaster lineatus	900	75,3
Didacna parallella	18	16,4
Didacna protracta	15	18,3
Theodoxus pallasi	50	2,1
Nereis diversicolor	210	4,8
Всего	6286	170,85

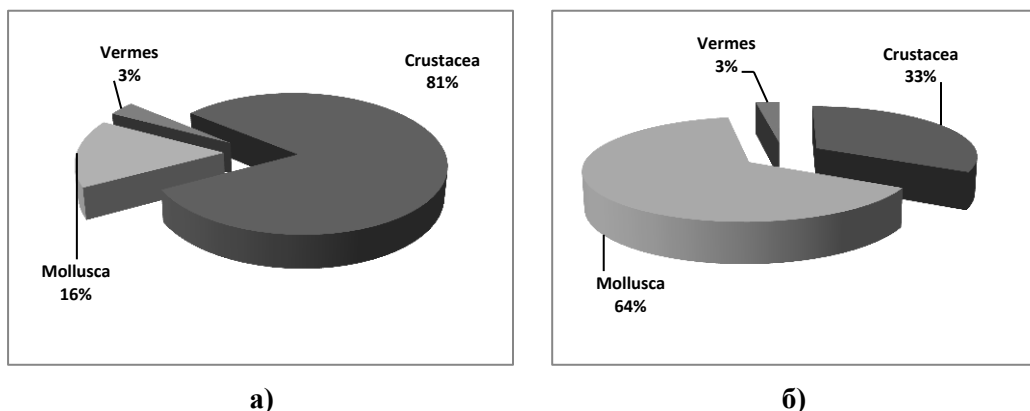


Рис. 4.3 Структура донной фауны вокруг СПБУ: а) по численности, б) по биомассе

Зообентос вокруг СПБУ отличался большим, чем фоновый участок, биологическим разнообразием: насчитывалось 15 видов животных, среди

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

которых по числу вводов преобладали ракообразные (8 видов разноногих, 1 вид кумовых и 1 вид усоногих).

Численность донной фауны вокруг СПБУ на 80% была сформирована за счет ракообразных. Наибольшей численностью выделялись *Balanus improvisus* (до 1500 экз/м²), *Corophium chelicorne* (1100 экз/м²), *Gammarus ischnus* (до 1500 экз/м²).

Основу биомассы донных сообществ составляли моллюски – 66%, при этом 44% общей биомассы приходилось на *Mytilaster lineatus*. Высокая биомасса ракообразных была обусловлена обилием *Balanus improvisus* на долю которого приходилось 80% биомассы ракообразных и до 27% биомассы всего сообщества. Биологическое разнообразие донных сообществ, рассчитанное по индексу Шеннона вокруг СПБУ составляло 2,83 (на фоновом участке - 2,19).

Кроме того вокруг СПБУ сформировалось богатое по биомассе и видовому составу сообщество макробентоса - крупных ракообразных, таких как креветки, длиннопалые каспийские раки, мизиды. Особенно обильно их присутствие проявлялось в ночное время суток при ярком освещении огнями СПБУ прилегающей акватории моря и участка дна, что способствовало повышению концентрации фотофильных животных в наиболее освещенных местах (рис. 4.4).



**Рис. 4.4 Ночное скопление животных в придонных слоях воды вокруг СПБУ:
а) мизиды, б) раки**

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Возникшая локальная экосистема привлекла к месту расположения СПБУ различных рыб. Из пелагических рыб наиболее многочисленными были кильки. Днем отдельные косяки килек численностью по несколько тысяч особей курсировали вокруг опор и башмаков установки, активно питаясь планктоном (рис. 4.5а). Ночью их численность и плотность скоплений резко возрастали, мелкие косяки сливались в крупные. Рыбы активно питались планктонными скоплениями ракообразных и ночью в зоне света мощных фонарей СПБУ (рис. 4.5б). Скопления килек привлекали следующее трофическое звено - хищных сельдей, которые постоянно курсировали вокруг СПБУ, совершая набеги на килек и поедая их.

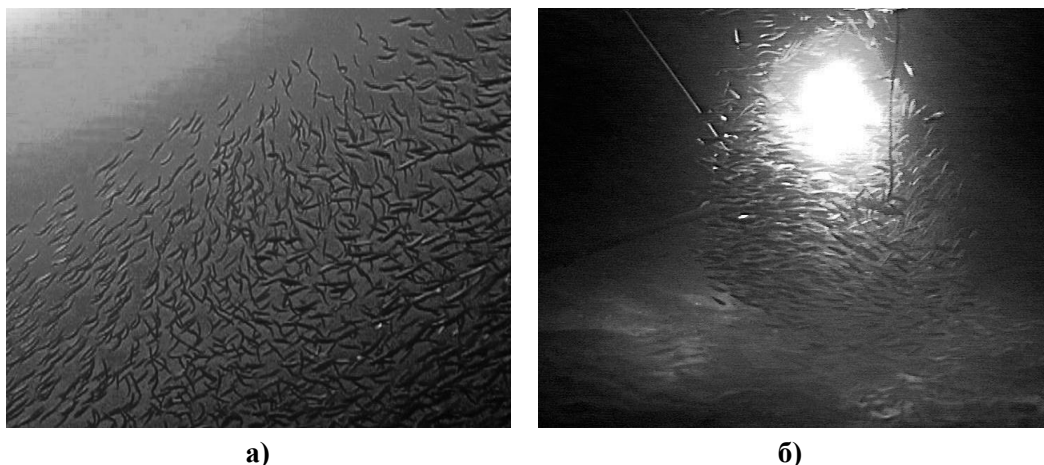


Рис. 4.5 Скопления килек вокруг СПБУ при строительстве скважины Хвалынская -1: а) днем, б) ночью, в освещенной зоне у основания установки

В дневное время возле СПБУ часто наблюдались косяки воблы (рис. 4.6). Проявляя отрицательную фотореакцию, в темное время суток вобла избегала световой зоны вокруг платформы. Днем косяки воблы активно нагуливались поедая многочисленных мелких ракообразных, находящих убежища на опорах в зарослях макрофитов.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

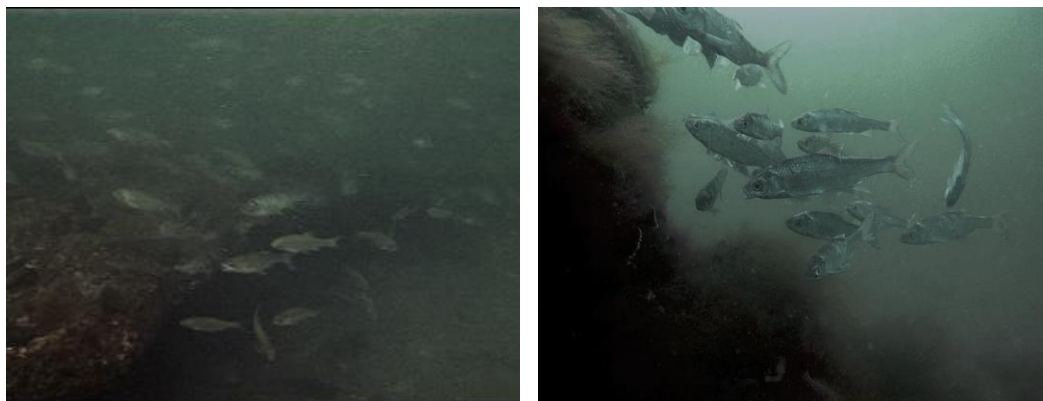
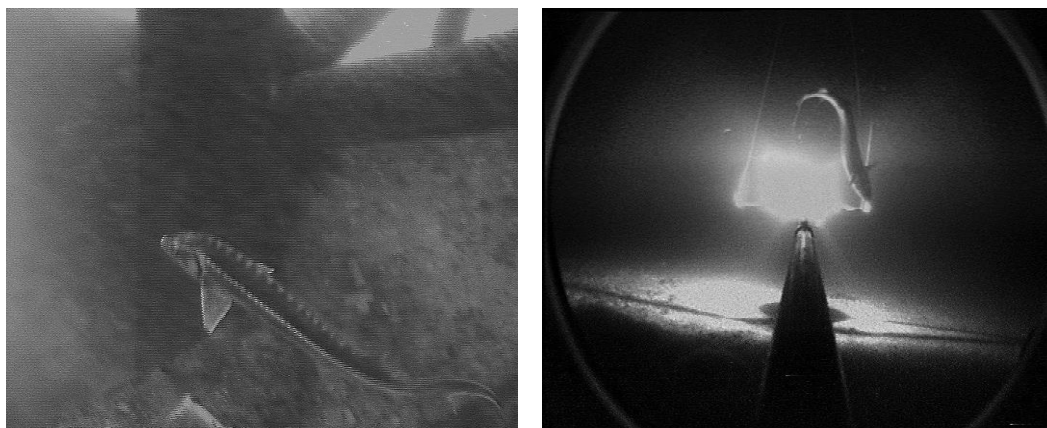


Рис. 4.6 Скопления воблы возле СПБУ

Довольно часто в месте установки СПБУ наблюдались осетровые рыбы: их присутствие не зависело от времени суток. Днем среди опор чаще встречались мелкие особи длиной 30-50 см (рис. 4.7а). Ночью к вышке подходили более крупные экземпляры длиной 80-150 см. Проявляя слабую положительную фотореакцию, эти рыбы заходили в зону света и даже на короткое время подходили к подводным источникам света, применяемых нами для исследований (рис. 4.7б).



а)

б)

Рис. 4.7 Осетровые в месте установки СПБУ: а) питание 2-х летки осетра на башмаке установки в светлое время суток, б) подход осетра ночью к подводному источнику света у основания СПБУ

Летом, когда вода в придонных слоях прогревалась до температуры 12⁰С и выше, вокруг СПБУ концентрировалось большое количество быч-

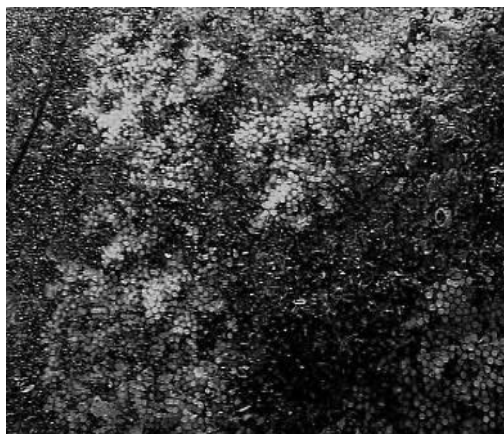
ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ков. Плотность их скоплений достигала 20-30 экз/м² (Водовский, 2009) (рис. 4.8а). Бычки активно питались обрастаниями и размножались, используя башмаки и опоры в качестве нерестилища и убежища (рис. 4.8б).

Кроме вышеперечисленных рыб, которых часто можно было увидеть вокруг СПБУ, изредка встречались косяки кефалей, преимущественно в верхних, хорошо прогретых слоях воды. Кефали питались планктонными организмами и растениями перифитона, обильно развитого на субстрате опор. Также встречались особи леща, кутума, сазана. Среди опор буровой установки ближе к поверхности воды можно было встретить тюленей, привлеченных скоплениями рыб.



а)



б)

Рис. 4.8 Бычковые рыбы возле СПБУ: а) скопления бычков под башмаком, б) кладки икры бычков на субстрате башмака

Таким образом, результаты наблюдений показывают, что даже в течение одного вегетационного периода вокруг буровой установки формируется богатое по видовому составу и по биомассе локальное сообщество, привлекающее ценные виды рыб, входящих в фонд биоресурсов Каспийского моря. После ухода буровой установки с рабочей площадки возникший вокруг нее локальный биоценоз остается на месте ликвидированной скважины (Ушивцев и др., 2011). В обоих случаях наблюдается эффект искусственного рифа, отмеченный в главе 3.

4.2 Состояние донных сообществ в районах ликвидированных поисково-оценочных скважин на Северном Каспии

Для анализа характеристик донной фауны в районах ликвидированных поисково-оценочных скважин, в июле 2015 г. были проведены исследования на лицензионном участке «Северный» ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». Всего было обследовано 20 скважин на структурах «Ракушечная», «Широтная», «Сарматская» и «Хвалынская». Средние глубины в месте расположения скважин структуры «Ракушечная» составляют около 7 м, «Широтная» – 12 м, «Сарматская» – 14 м, «Хвалынская» – 27 м.

В непосредственной близости от каждой скважины было отобрано 5 проб макрозообентоса при помощи водолазных пробоотборников с площадью захвата грунта $0,01 \text{ м}^2$ и глубиной погружения в грунт 0,15 м. Помимо этого, для каждой группы скважин на удалении 2-3 км была выполнена фоновая станция с отбором 10 проб макрозообентоса.

Разбор проб проводился по стандартным методикам, промывка проб осуществлялась через сито с диаметром ячеек 0,5 мм. Отобранные в результате промывки и отмучивания организмы зообентоса фиксировались 4 % раствором формальдегида для последующей видовой и размерно-весовой идентификации в лаборатории. Всего, таким образом, было отобрано и обработано 140 проб макрозообентоса.

Для определения значимости вида в сообществе использовали долю его дыхания в суммарном дыхании сообщества (Кучерук, 1985; Кучерук, Савилова, 1985; Azovsky et al., 2000, 2004). На основе полученных данных проведен кластерный анализ в программе «Primer 6.0» для выявления устойчивых сообществ в составе макрозообентоса.

Для оценки нарушений в структуре сообществ макрозообентоса использовался метод ABC (Warwick, 1986; Warwick et al., 1987) в модификации Meire-Dereu (1990).

Биологическое разнообразие донной фауны

В районе 20 ликвидированных скважин и 4 контрольных точек обнаружено 39 видов в составе макрозообентоса (табл. 4.3). Наибольшим разнообразием отличались ракообразные, к которым относились 80 % всех

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

обнаруженных видов. Моллюски характеризовались значительно меньшим разнообразием (7 видов).

Таблица 4.3

**Число видов макрозообентоса и показатели биологического разнообразия в
районе исследований**

Показатель	Весь район	Широтная	Ракушечная	Сарматская	Хвалынская
Crustacea	30	6	13	16	19
Mollusca	7	3	4	5	4
Vermes	2	2	2	2	2
Всего	39	11	19	23	25
Индекс Шеннона	2	1,73	1,62	2,53	2,74
Индекс Симпсона	0,35	0,42	0,44	0,25	0,21

О полноте раскрытия видового состава можно судить по данным, приведенным на рис. 4.9. На нем видно, что кривая накопления видов практически выходит на плато на уровне собранного материала (24 станции), что, хотя и свидетельствует о наличии в пределах исследованных акваторий незарегистрированных видов, но позволяет отнести их к группе редко встречающихся.

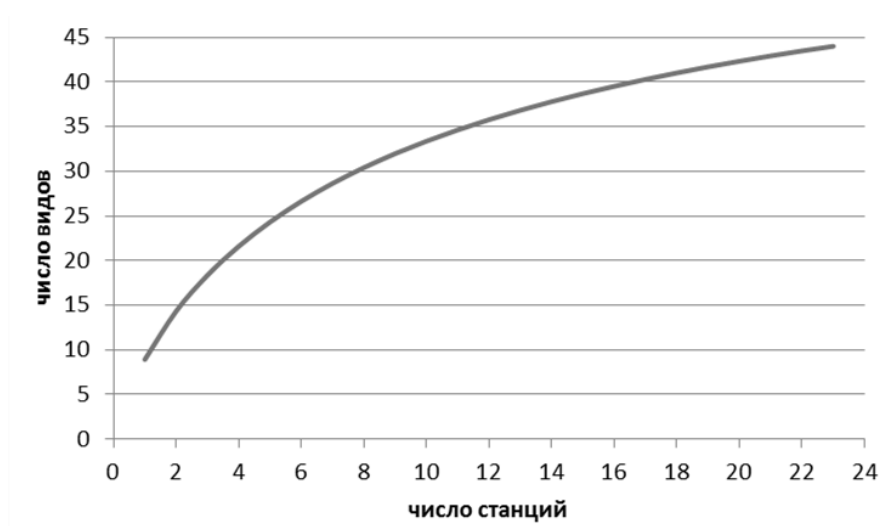


Рис. 4.9 Изменение числа видов по мере увеличения количества станций

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Средний уровень биологического разнообразия сообществ, оцененный по индексам Шеннона и Симпсона, составляет 2 и 0,35 соответственно (табл. 4.3). При этом наблюдаются значительные колебания, связанные, по-видимому, с высоким уровнем неоднородности абиотических факторов, наблюдаемых на полигоне. Максимальный уровень биоразнообразия наблюдался в районе скважины «2 Западно-Сарматская» (3,06 и 0,16 соответственно). Минимум разнообразия видов наблюдается в районе скважины «8 Ракушечная». В пределах групп максимальное разнообразие характерно для группы скважин «Хвалынская», минимальное – для групп «Широтная» и «Ракушечная». На последних двух структурах уровень биологического разнообразия был ниже среднего по полигону, но выше или близок наблюдаемому на фоновых станциях.

К массовым видам, отмеченным для всех групп ликвидированных скважин можно отнести только 3 вида: *Hediste diversicolor*, *Mytilaster lineatus*, *Niphargoides similis*, а также малощетинковых червей. Для этих животных характерна встречаемость по станциям на уровне выше 70 %. При этом видов, которые присутствовали бы на всех исследованных скважинах, не зарегистрировано. Максимальная встречаемость характерна для *H. diversicolor* (88%) и *M. lineatus* (80%).

Наименьшее число видов донных животных отмечено для структуры «Широтная» – 11 видов). Шесть из них относится к ракообразным, три вида моллюсков и как минимум два вида червей (табл. 4.3). К массовыми видам, найденным на всех скважинах в пределах структуры относятся: *H. diversicolor*, *M. lineatus*, *N. similis*, *Theodoxus pallasii* и *Oligochaeta*. Для них характерна 100 % встречаемость в пределах всего полигона. Количество видов зарегистрированных в районе каждой скважины варьируется в пределах от 5 до 9. Высокий уровень биологического разнообразия отмечен в районе ликвидированной скважины «5 Широтная», где к массовым видам добавились *Gammarus rauxillus* (отряда Amphipoda) и моллюск *Abra ovata*, встречающиеся в пределах группы скважин «Широтная» только в этой точке. Индекс биоразнообразия Шеннона на акватории группы «Широтная» варьировал в пределах 1,34-2,12, индекс Симпсона 0,34-0,53.

На структуре «Ракушечная» было отмечено 19 видов, из которых к массовым можно отнести пять. При этом массовые виды, характерные для этой акватории (за исключением *A. ovata*), были также характерны для всего полигона исследований. Среднее количество видов на станцию со-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ставляет 6,4 при разбросе значений от 4 до 9 видов. Индекс биоразнообразия Шеннона на акватории группы «Ракушечная» менялся в пределах 0,7–2,1, индекс Симпсона 0,22–0,8. Значительные колебания показателей биоразнообразия связаны, по-видимому, как с большим количеством точек наблюдения, так и с разнообразием условий среды в пределах этой группы скважин.

Донная фауна в районе расположения группы ликвидированных скважин «Сарматская» отличалась высокими показателями биоразнообразия: здесь обитали 23 вида донных животных, большая часть которых (16 видов) относится к классу Crustacea. Среди них наиболее массовым были представители отряда Amphipoda – 11 видов. Моллюски также характеризовались относительно высоким разнообразием: их насчитывалось пять видов. К массовым видам, характерным для донной фауны в этом районе, можно отнести 7 видов: червя *H. diversicolor*, моллюсков *Didacna barbotdemarnyi* и *M. lineatus*, ракообразных *Balanus improvisus* и *Gammarus ischnus*, *G. behningi* и *N. similis*. Для перечисленных видов характерна встречаемость в пределах группы скважин на уровне 75 – 100 %. Индекс биоразнообразия Шеннона на акватории структуры «Сарматская» варьировал в пределах 1,9–3, индекс Симпсона 0,22–0,33.

В районе ликвидированных скважин на структуре «Хвалынская» было зарегистрировано максимальное для всего полигона число видов. Здесь, в районе трех ликвидированных скважин и одной контрольной станции, обитали как минимум 25 видов донных животных. Для этого района, так же как и для предыдущего, было характерно высокое разнообразие ракообразных – 19 видов. Моллюски были представлены 4 видами, черви – двумя. Обращает на себя внимание факт обитания в районе одной из ликвидированных скважин представителей подкласса *Oligochaeta*, характерных для опресненных участков Каспийского моря.

Среди массовых видов (с уровнем встречаемости не менее 75 %) также преобладают ракообразные: *B. improvisus*, *Dikerogammarus haemobaphes*, *Amatilinea cristata*, *Corophium chelicorne*, *C. monodon*, *Schizorhynchus bilamellatus*. Моллюск *M. lineatus*, один из массовых видов, представлен и в данном районе, - его встречаемость на уровне 80 %. Индекс биоразнообразия Шеннона на структуре «Хвалынская» имеет не-большой диапазон колебаний: 2,5–2,9, индекс Симпсона: 0,18–0,24.

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Численность и биомасса донной фауны

Средняя численность донной фауны в районе 20 ликвидированных скважин составляла в исследуемый период 4500 экз/м², с изменениями от 200 до 22000 экз/м² (табл. 4.4). Минимальные значения зарегистрированы для структуры «Широтная», а также в районе ликвидированной скважины «2 Ракушечная». Наибольшая численность донной фауны отмечена в районе скважины «1 Сарматская» (22000 экз/м²).

Таблица 4.4

Численность таксономических групп в составе бентофауны в районе ликвидированных скважин (экз/м²)

Класс	Широтная	Ракушечная	Сарматская	Хвалынская
Crustacea	1000	650	7000	9900
Mollusca	160	180	1050	110
Vermes	380	1500	220	80
Всего	1500	2300	8300	10000

Основу численности зообентоса в большинстве случаев на исследуемой акватории составляют ракообразные (67–99%). Иная картина наблюдается в районе структуры «Ракушечная»: здесь основу численности (65%) составляют черви, представленные на 90% *N. diversicolor*, а ракообразные составляют не более 28 % общей численности. Разброс значений общей численности в пределах этой группы скважин достаточно велик и составляет от 200 до 4600 экз/м². Столь значительные колебания определяются неравномерностью распределения численности двух массовых видов, характерных для рассматриваемого района: *N. diversicolor* и *N. similis*.

Структура «Широтная» при тех же доминирующих видах в составе донной фауны отличается иной структурой численности и соотношением массовых видов. Так доля *N. diversicolor* составляет около 20 % численности, а на *N. similis* приходится до 60 % численности.

Вклад ракообразных в общую численность в районе ликвидированных скважин структуры «Сарматская» еще выше. Они составляют 84 % от общего числа донных животных. В то же время видовой состав доминантов по численности отличается от всех остальных групп скважин. Здесь преобладают *Gammarus behningi* (35 % общей численности зообентоса), *G. ischnus* (15 %) и *N. similis* (10 %). На отдельных скважинах в пределах рассматриваемой группы (скважина «1 Сарматская») наблюдаются высокие

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

обилие *G. behningi*, – его численность доходит до 10000 экз/м², что составляет около половины всех организмов в составе зообентоса. Интересен факт отсутствия моллюска *M. lineatus* на фоновой станции, в то время как в составе донной фауны вокруг ликвидированных скважин его доля достигает 10 % численности всего бентоса.

Численность различных систематических групп сильно меняется при переходе от одной группы скважин к другой. При этом наблюдается устойчивый тренд увеличения доли ракообразных и снижения доли червей с увеличением глубины (рис. 4.10). В то же время, для моллюсков наблюдается слабое увеличение относительной численности до глубины 14 м (на структуре «Сарматская»), затем резкое падение до 1 % в районе расположения скважин структуры «Хвалынская».

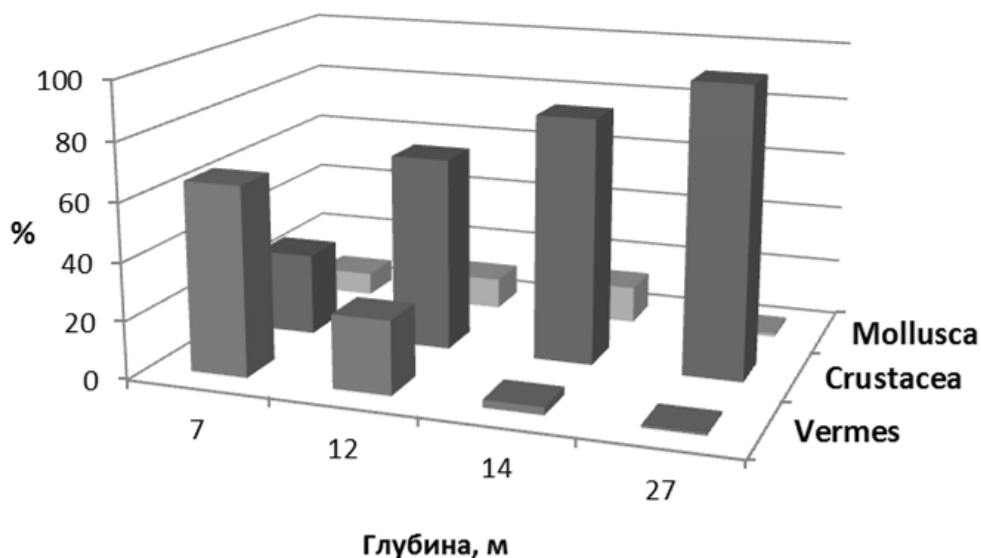


Рис. 4.10 Изменение относительной численности различных систематических групп в составе макрозообентоса в районах ликвидированных скважин при изменении глубины

Наибольшее количество ракообразных наблюдается в районе ликвидированных скважин на структуре «Хвалынская»: они составляют до 99 % всей численности бентоса. Видовой состав доминантов по численности здесь уникален. Свыше половины численности приходится на четыре вида рода *Corophium*. Среди них выделяется *C. chelicorne* численность которого

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

достигает 8000 экз/м². Средняя доля этого вида в образовании численности донной фауны составляет 33 %. Второй по численности вид *S. monodon* образует в среднем 12 % численности зообентоса. Аналогично району группы скважин «Сарматская», на фоновой станции для группы скважин «Хвалынская» отсутствует *M. lineatus*, стабильно встречающийся в районе ликвидированных скважин.

Биомасса донной фауны в районе 20 ликвидированных скважин составляет в среднем 74 г/м², меняясь в диапазоне от 3 до 750 г/м². Минимальное значение отмечено для структуры «Широтная» (табл. 4.5), здесь же зарегистрирован минимум биомассы всего района исследований (3 г/м², скв. «3 Широтная»). Наибольшая биомасса донной фауны наблюдалась в районе скважины «1 Сарматская» (750 экз/м²).

Таблица 4.5

**Биомасса таксономических групп в составе бентофауны в районе
ликвидированных скважин (экз/м²)**

Классы	Широтная	Ракушечная	Сарматская	Хвалынская
Crustacea	0,6	2	10,6	29
Mollusca	4	22,4	230	14,5
Vermes	2,5	15,2	0,8	2,8
Всего	7	40	240	46

Четкого тренда изменений биомассы таксономических групп в зависимости от глубины не наблюдается (рис. 4.11). Тем не менее, стоит отметить значительное увеличение доли ракообразных и уменьшение относительной биомассы моллюсков в районе с наибольшей глубиной (структура «Хвалынская»).

Биомассу донной фауны в районе расположения ликвидированных скважин группы «Широтная» на 35% составляют черви *N. diversicolor* и на 32 % моллюски *M. lineatus*. Несмотря на относительно высокую долю червей, основу биомассы (57%) образуют моллюски. Помимо *M. lineatus* это: *Abra ovata* и *Theodoxus pallasii*, составляющие 4 % и 19 % биомассы зообентоса соответственно. Доля доминирующих по численности ракообразных не превышает 9 % общей биомассы донных животных.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

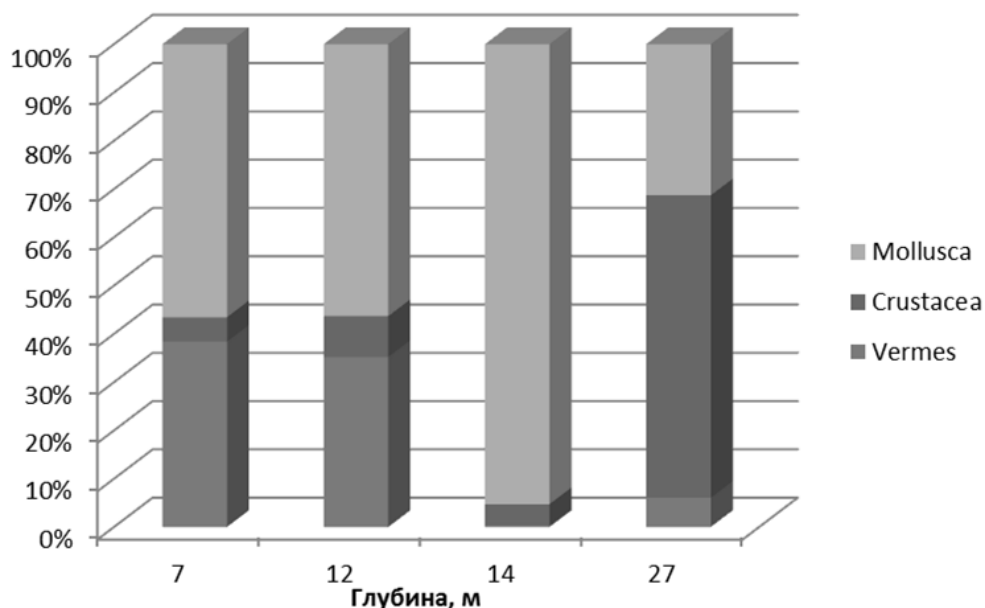


Рис. 4.11 Изменение относительной биомассы различных систематических групп в составе макрозообентоса в районах ликвидированных скважин в зависимости от глубины

Сходная структура биомассы наблюдается в районе структуры «Ракушечная». Здесь моллюски также составляют 57% массы всего бентоса. Роль червей тоже значительна – 38%. Ракообразные составляют не более 5%. Однако, несмотря на такое сходство, состав доминирующих по биомассе видов на «Ракушечной» совсем другой. Так, доля *M. lineatus* не превышает 2,5 %, а основу биомассы (46%) образует моллюск *A. ovata*. В целом, для структуры «Ракушечная» характерно доминирование моллюсков инфауны. Они составляют 54% общей биомассы зообентоса. За счет этих моллюсков биомасса здесь в 6-7 раз выше аналогичных показателей зарегистрированных на структуре «Широтная».

Наибольшие значения биомассы макрозообентоса характерны для группы скважин «Сарматская». Биомасса в этом районе составляет в среднем 240 г/м^2 , меняясь в диапазоне от 35 до 750 г/м^2 (скв. «1 Сарматская»). Столь большая величина биомассы в районе скважины «1 Сарматская» обусловлена обилием моллюсков *M. lineatus* (биомасса достигает 83 г/м^2) и *D. barbotdemarnyi* (620 г/м^2). Эти два вида составляют на структуре «Сар-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

матская» до 87 % биомассы бентоса. Вклад всех моллюсков в биомассу сообщества макрозообентоса оценивается в 96 %.

Структура биомассы донной фауны на структуре «Хвалынская» отличается от других тем, что доля моллюсков здесь не превышает 32 %, а основу биомассы составляют ракообразные (63%). Некоторые доминанты по численности играют существенную роль в образовании биомассы, например, *S. chelicorne* (17%), крупные амфиподы *Dikerogammarus haemobaphes* (17%) и *Amatilina cristata* (до 9%). Из-за низкого обилия крупных моллюсков биомасса донной фауны здесь не велика, всего 46 г/м².

Сходство донных сообществ

Для анализа сходства сообществ в районах ликвидированных скважин был выполнен расчет долей каждого вида в общем метаболизме сообщества и проведена кластеризация, результаты которой представлены на рис. 4.12. Дендрограмма показывает кластеризацию сообществ макрозообентоса в районах ликвидированных скважин, проведенную по индексу Bray-Curtis (1957). Согласно расчетам, более всего от других отличались станции на структуре «Хвалынская», что, по-видимому, объясняется их расположением в глубоководной зоне с наибольшей соленостью вод.

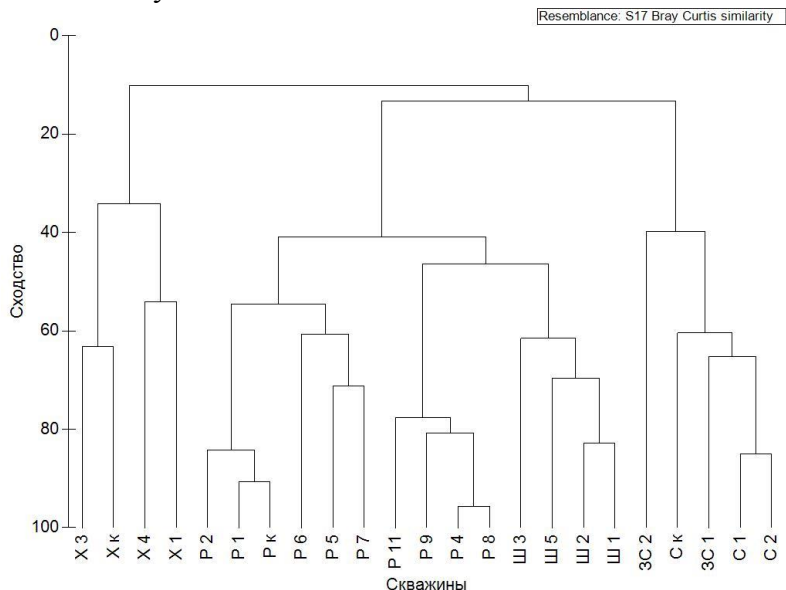


Рис. 4.12 Дендрограмма сходства сообществ зообентоса ликвидированных скважин

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Акватория структуры «Ракушечная» характеризовалась наиболее высокой вариабельностью условий обитания донных биоценозов, в связи с чем там было выделено 3 кластера при уровне сходства 60%.

Результаты оценки нарушений структуры сообществ макрозообентоса по методике ABC представлены на рис. 4.13.

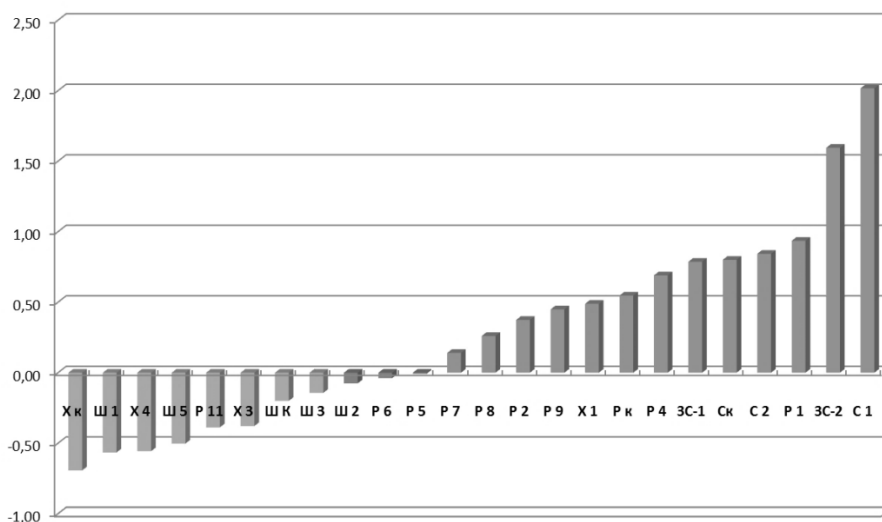


Рис. 4.13 Результаты анализа нарушений структуры сообществ макрозообентоса по методике ABC (ниже 0 - нарушенные сообщества, около 0 – переходные, от 0,2 и выше – устойчивые, ненарушенные сообщества)

Из 24 наблюдаемых точек ненарушенная структура сообществ зообентоса характерна для 12 ликвидированных скважин и двух фоновых станций (рис. 4.13). Бентофауна трех ликвидированных скважин характеризуется слабо нарушенной структурой («2 Широтная», «5 Ракушечная», «6 Ракушечная»). Примечательно, что нарушения в структуре сообществ донных животных зарегистрированы и на двух фоновых станциях (обозначены на рисунке «Хк» - фоновая станция структуры «Хвалынская», «Шк» - фоновая станция структуры «Широтная»).

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить особенности донной фауны в районах ликвидированных скважин. В районе структуры «Ракушечная» отмечалось снижение характеристик биоразнообразия относительно фона, однако наблюдаемый диапазон колебаний индексов биологического разнообразия вполне укладывается в пределы есте-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ственной изменчивости этих показателей. В районах скважин на остальных структурах показатели биоразнообразия донной фауны были даже выше, чем на фоновых участках.

Еще раз подчеркнем, что обилие и биомасса донной фауны в районе ликвидированных скважин в большинстве случаев превышали фоновые показатели. Такая ситуация была характерна для всех групп обследованных скважин.

Высокая численность доминирующих видов, относящихся к массовым формам Каспийского моря на акватории группы скважин «Ракушечная» (*N. diversicolor* и *N. similis*) определяется, скорее всего, близостью этого района к устьевому взморью р. Волги, отличающемуся наибольшей биопродуктивностью (Каспийское море, 1986).

Отсутствие или малая численность прикрепленного моллюска *M. lineatus* на фоновых станциях при почти 100 % встречаемости в непосредственной близости от ликвидированных скважин свидетельствует о благоприятных условиях обитания этого моллюска в районе ликвидированных скважин.

Донная фауна в непосредственной близости от 8 ликвидированных скважин характеризовалась нарушенной структурой. Об этом свидетельствует преобладание в составе макрозообентоса относительно мелких форм с довольно высокой скоростью размножения, с выраженной способностью к колонизации, с высокой, но нестабильной численностью. Это отражается в отрицательных значениях индекса ABC.

В районе трех скважин («2 Широтная», «5 Ракушечная», «6 Ракушечная») наблюдалось состояние неустойчивого равновесия или восстановление сообществ бентофауны после перенесенного стресса, характеризующееся значениями индекса ABC около нуля. При этом происходит перестройка размерной структуры, однако направленность этих изменений (в сторону нарушений или в противоположном направлении) можно определить только при более длительных наблюдениях.

Выявленная на двух фоновых станциях нарушенная структура зообентоса свидетельствует о влиянии факторов, которые не связаны с воздействием скважин, но, вероятно, характеризуют общие тенденции изменения донной фауны исследованной части Каспийского моря.

4.3 Оценка воздействия подводного нефтепровода на гидробионтов Северного Каспия

В этом разделе рассматривается воздействие на морскую биоту подводного нефтепровода, расположенного на дне в районе свала глубин Северного Каспия, который соединяет стационарную нефтедобывающую платформу на месторождении им. Ю. Корчагина (МЛСП) с плавучим нефтехранилищем (МПК), расположенным в 60 км южнее (рис. 4.14). Считается (Патин, 2001), что в связи с большой пространственной протяженностью подобные объекты оказывают значительное по силе и продолжительности влияние на состояние и развитие донных сообществ.

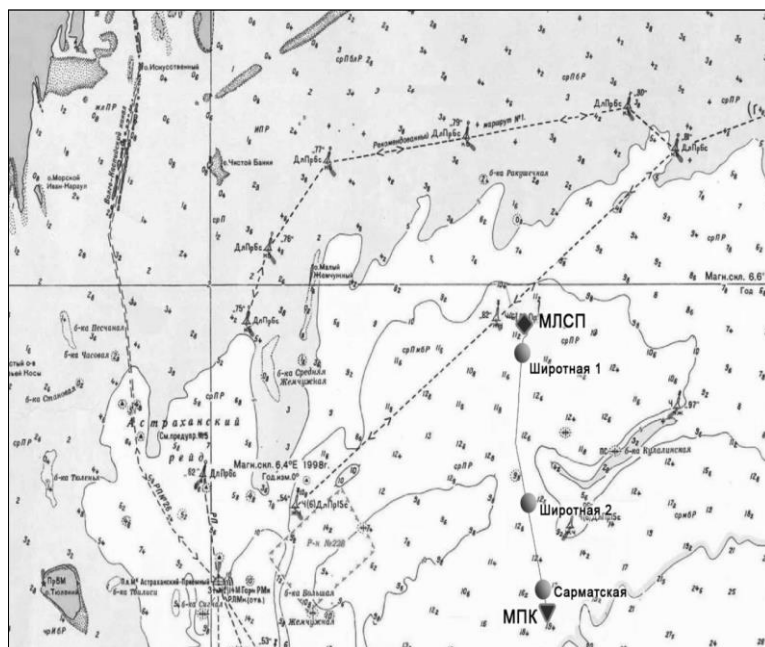


Рис. 4.14 Расположение подводного нефтепровода в Северном Каспии и станций проведения наблюдений

Подводный нефтепровод в нашем случае представляет собой трубу диаметром 325 мм, покрытую антикоррозийным пластиком. Он отходит от морской ледостойкой платформы МЛСП-1, установленной на месторождении им. Ю. Корчагина для добычи углеводородов. Глубина моря в месте установки платформы составляет 11 м. От платформы на протяжении

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

56 км трубопровод пролегает практически с севера на юг по свалу глубин. Примерно на глубине 18 м он соединяется со стационарным точечным причалом морского перевалочного комплекса с плавучим нефтехранилищем (МПК), который служит резервуаром для добытой нефти, поступающей по нефтепроводу.

По экологическому воздействию на биоту нефтепровод представляет собой искусственный риф протяженностью 56 км 237 м. Пролегая по равнинному рельефу песчано-ракушечных грунтов, ветка нефтепровода является существенным препятствием для миграции некоторых видов донной фауны, а также барьером для транзита в придонных слоях воды подвижных грунтов, взвешенных веществ, водорослей, детрита и т.п. Можно предположить, что в результате этого нефтепровод создает вокруг себя зону повышенного содержания питательных веществ, благоприятную для развития бентоса.

Для оценки состояния донных сообществ в трех точках нефтепровода были проведены ландшафтная и бентосная съемки. Исследования проводились на пике вегетационного периода в июле 2012 года. Первая станция была выполнена на начальном участке нефтепровода в 3-х милях от его исходной точки – МЛСП-1. Станция наблюдений в этом районе получила название «Широтная 1». Вторая станция была выполнена на среднем участке нефтепровода («Широтная 2»), и третья станция – «Сарматская» – на конечном участке нефтепровода в 3-х милях от точечного причала (рис. 4.14).

При фоновых отборах (в 100 м от нефтепровода в районе вышеупомянутых станций) и на самих трех станциях вблизи нефтепровода в специальные контейнеры были взяты по 10 проб бентоса, которые были обработаны по классическому методу, принятому в гидробиологии (Инструкция по сбору..., 2011). На станциях отбиралось по пять проб с восточной стороны и с западной стороны от нефтепровода. Всего было обработано 60 проб.

Донный ландшафт на удалении 100 м от нефтепровода при фоновом отборе в районе станции «Широтная 1» представлял собой песчано-ракушечное плато с малоподвижными грунтами (рис. 4.15а). На поверхности грунта пятнами была развита донная растительность, представленная

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

исключительно полисифонией. Биомасса водорослей была в пределах от 5 до 50 г/м². Среди водорослей изредка встречались мелкие ракообразные, в основном мизиды.

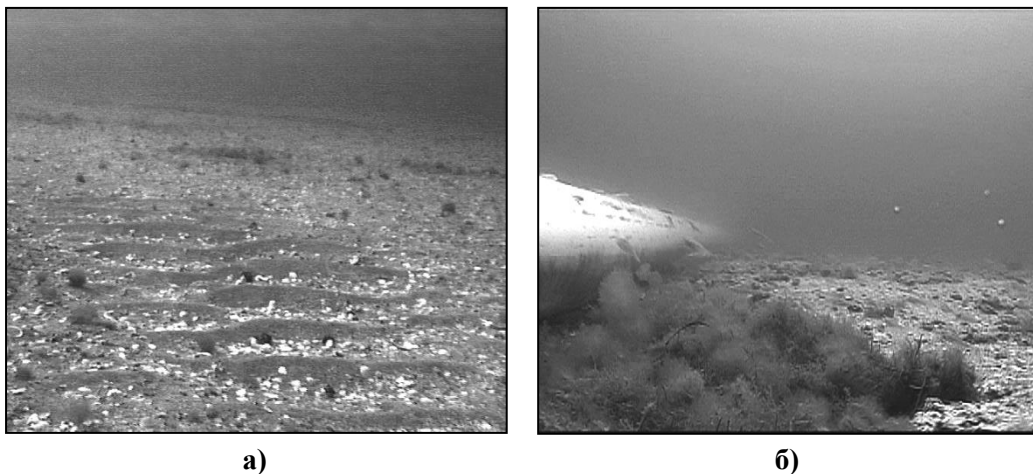


Рис. 4.15 Донный ландшафт на станции «Широтная 1»: а) фоновый отбор, в 100 м от нефтепровода, б) вблизи нефтепровода

В месте прохождения нефтепровода на станции «Широтная 1» донный ландшафт был совершенно другим (рис. 4.15б). Поверхность дна была выстлана песчано-ракушечными грунтами с примесью обломков ракушечника. Биомасса макрофитов была существенно выше и составила 1,5 кг/м².

Особенно много макрофитов было обнаружено с западной стороны трубы. В составе водорослей кроме полисифонии с западной стороны многочисленной отмечалась энтероморфа, а с восточной стороны – зоостера. Среди водорослей было обнаружено скопление рыб и ракообразных, представленных мизидами, креветками, крабами, длиннопалыми каспийскими раками, молодь бычков, иглой рыбой.

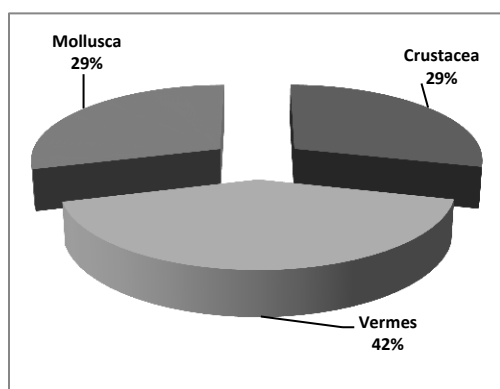
Результаты бентосной съемки при фоновом отборе в районе станции «Широтная 1» представлены в табл. 4.6 и на рис. 4.16.

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

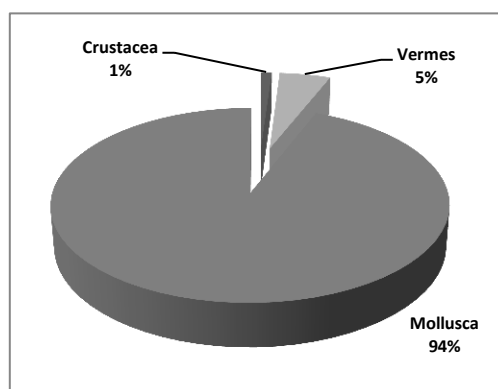
Таблица 4.6

**Видовой состав, численность и биомасса бентоса при фоновом отборе в
районе станции «Широтная 1» в июле 2012 г.**

Вид	Численность, экз/м²	Биомасса, г/м²
<i>Mytilaster lineatus</i>	320	30,6
<i>Nereis diversicolor</i>	250	1,4
<i>Niphargoides similis</i>	250	0,20
<i>Oligochaeta</i>	210	0,21
<i>Balanus improvisus</i>	35	0,08
<i>Corophium chelicorne</i>	34	0,07
<i>Abra ovata</i>	3	0,06
<i>Cerastoderma lamarki</i>	1	0,12
Всего	1103	32,74
Индекс Шеннона	2,2893	1,2319



а)



б)

**Рис. 4.16 Структура численности (а) и биомассы (б) донной фауны при
фоновом отборе в районе станции «Широтная 1»**

Результаты бентосной съемки на станции «Широтная 1» вблизи нефтепровода представлены в табл. 4.7 и на рис. 4.17. Как видим, показатели состояния бентоса здесь в 3 и более раз превышают таковые для фонового участка.

Общая же биомасса и биоразнообразие организмов вокруг трубы были значительно больше, чем показатели бентосной съемки, представленные выше. Не включенные в анализ представители мезо- и макробенто-

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

са, такие как мизиды, креветки, крабы, раки, донные рыбы, также концентрировались вдоль нефтепровода.

Таблица 4.7
**Видовой состав, численность и биомасса бентоса на станции «Широтная 1»
в июле 2012 г.**

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Niphargoides similis</i>	980	0,72
<i>Mytilaster lineatus</i>	910	98,6
<i>Nereis diversicolor</i>	550	2,8
<i>Oligochaeta</i>	450	0,54
<i>Balanus improvisus</i>	355	0,19
<i>Corophium chelicorne</i>	275	0,56
<i>Abra ovata</i>	15	0,18
<i>Cerastoderma lamarki</i>	12	0,32
<i>Rhithropanopeus harrissii</i>	5	2,26
Всего	3552	106,17
Индекс Шеннона	2,5025	0,5403

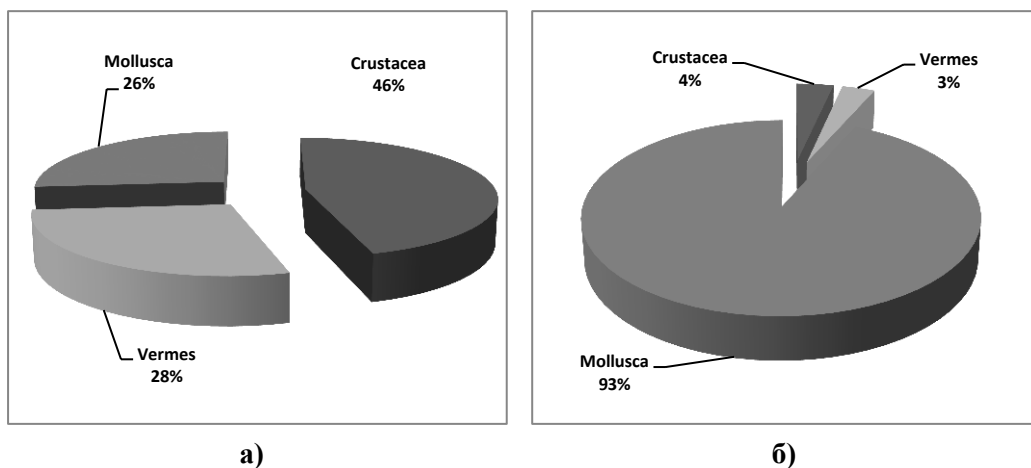


Рис. 4.17 Структура численности (а) и биомассы (б) донной фауны на станции «Широтная 1»

Их численность и биомасса в десятки раз превосходила фоновые показатели. Таким образом, экосистема вокруг нефтепровода, по сравнению с фоном, представляла собой значительно более богатое сообщество, привязанное к искусственному субстрату большой протяженности.

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Расчеты показывают, что вокруг нефтепровода длиной один погонный метр в условиях среды на станции «Широтная 1» локальной экосистемой осваивается около 5 квадратных метров дна. Трехкилометровый отрезок трубы, таким образом, способен образовать более 1,5 га площади с биоразнообразием и биомассой сообщества, в 3 и более раз превосходящего фоновые показатели. Общая же расчетная площадь продуктивной зоны в условиях среды, сходных с таковыми на станции «Широтная 1», при длине нефтепровода 32 км (начальный отрезок) могла составить 15,9 га.

На станциях «Широтная 2» и «Сарматская», находящихся на глубинах от 13 до 18 метров (рис. 4.14), условия среды, влияющие на состояние донных сообществ, отличались от мелководного района, где располагалась станция «Широтная 1». В этом районе в первой половине лета благодаря придонным течениям и апвеллингу часто образуется зона термоклина с температурами поверхностных вод более 20°C и придонных вод менее 12°C (Каспийское море, 1986). В зависимости от направления преобладающих течений термоклин может залегать в толще воды на разных глубинах, либо вовсе отсутствовать при интенсивном и длительном перемешивании водных масс, что наблюдается в периоды затяжных штормовых ветров.

Например, в результате апвеллинга среднекаспийские глубинные холодные воды в южной части структуры «Широтная» и на структуре «Сарматская» могут подниматься к поверхности до глубины 6 метров. Однако, во второй половине лета апвеллинг обычно отступает, термоклин размывается, резкого градиента температур практически не наблюдается, вертикальная структура вод становится более однородной.

В периоды апвеллинга и длительного присутствия термоклина в придонном слое в этом районе находятся холодные соленые среднекаспийские воды, обогащенные биогенами, но бедные кислородом.

Такая ситуация и наблюдалась в июле 2012 года. Температура воды в этот период менялась от 11 до 25°C; содержание растворенного кислорода – от 5,1 до 7,3 мг/л, соленость – от 9,2 до 11,5 ‰, дальность видимости под водой – от 3,5 до 12,5 м. Условия среды отличались также высокой динамичностью, существенно меняясь в течение нескольких часов. В таких нестабильных условиях обычно существуют только эвритермные, эвригалинные, эврибионтные виды бентосного населения. Подвижные мо-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

бильные виды, такие как донные рыбы, креветки, мизиды из зоны апвеллинга большей частью уходят.

Другим существенным фактором, влияющим на состояние донных сообществ в месте залегания нефтепровода на станциях «Широтная 2» и «Сарматская», является состав и динамика донных осадков.

Южнее банки Кулалинская в их составе начинают преобладать ракушечные и крупнопесчаные фракции. Грунты, состоящие из ракуши, битой ракуши и крупнозернистого песка сыпучи, практически не слеживаются и наиболее подвижны в штормовых условиях. Такие грунты движутся по поверхности дна, образуя песчано-ракушечные полосы, языки, дорожки. Рельеф дна на таких участках крупнорифельный (рис. 4.18).

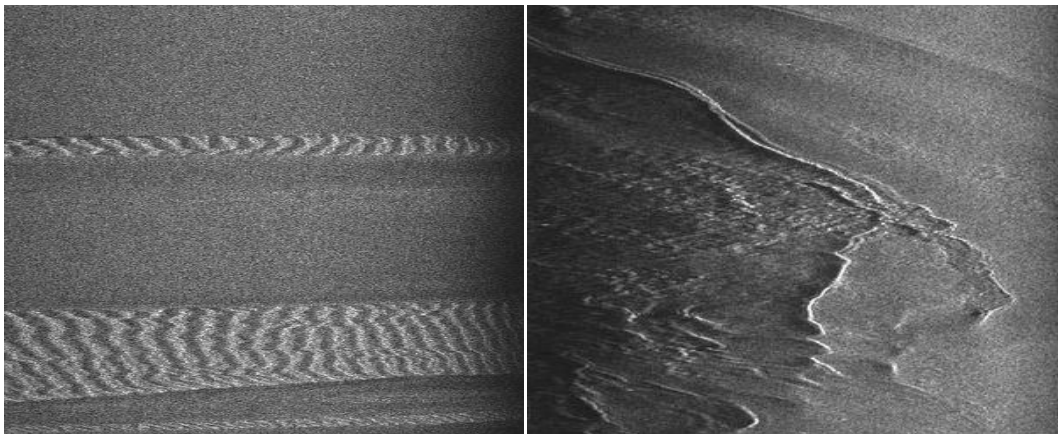


Рис. 4.18 Эхограммы дна в местах транзита подвижных грунтов

Подводный нефтепровод является существенным препятствием на пути движения грунтов и в местах активной их динамики замывается в толщу грунта. По мере погружения в грунт эффект рифа вдоль трубы ослабевает, и на замытых участках показатели состояния биоты приближаются к фоновым. Поэтому на среднем и конечном участках нефтепровода, где отдельные его пролеты замыты, рифовая эффективность образования полезных площадей была в целом на 15% ниже, чем на его начальном участке.

Смена условий среды приводит к изменениям качественного и количественного состава донной фауны, о чем свидетельствуют бентосные и ландшафтные съемки на станциях «Широтная 2» и «Сарматская»,

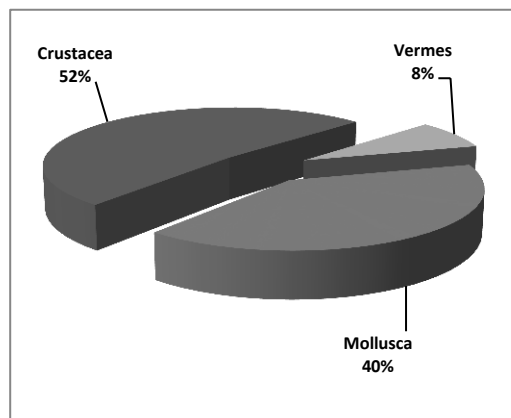
**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

результаты которых представлены в таблицах 4.8-4.12 и на рисунках 4.19-4.22.

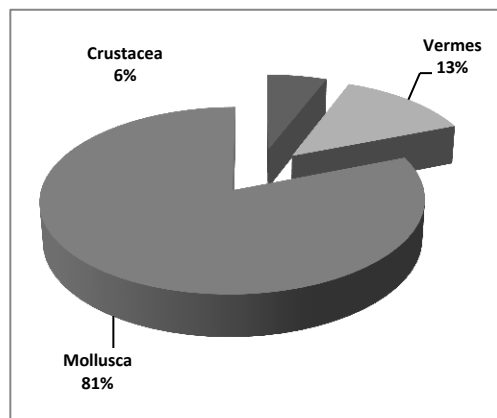
Таблица 4.8

Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ при фоновом отборе в районе станции «Широтная 2» в июле 2012 г.

Вид	Численность, экз/м²	Биомасса, г/м²
<i>Mytalaster lineatus</i>	1500	29
<i>Gammarus ishnus</i>	800	1
<i>Jaera sarsi</i>	500	1
<i>Balanus improvisus</i>	400	2
<i>Nereis diversicolor</i>	300	13,5
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	200	2
<i>Corophium nobile</i>	70	< 1
<i>Didacna protracta</i>	20	50
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	10	4
Итого	3800	103,5
Индекс Шеннона	2,4108	2,0001



а)



б)

Рис. 4.19 Структура численности (а) и биомассы (б) донной фауны при фоновом отборе в районе станции «Широтная 2»

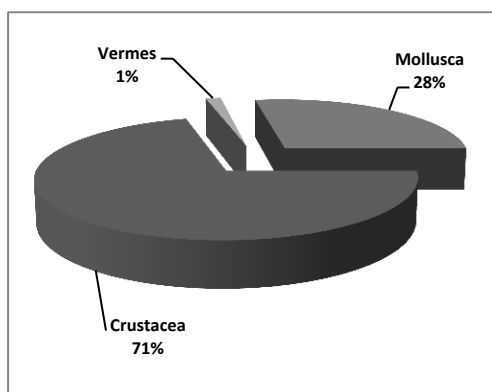
Показатели биоразнообразия и особенно величины численности и биомассы гидробионтов на станции «Широтная 2», которые были выше в 7,4 и 5,7 раз соответственно (табл. 4.9, рис. 4.20), чем на станции «Широтная 1», указывают на то, что в первой половине лета бентосные сообщества в этом районе моря с глубинами более 13 м были намного богаче, чем

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

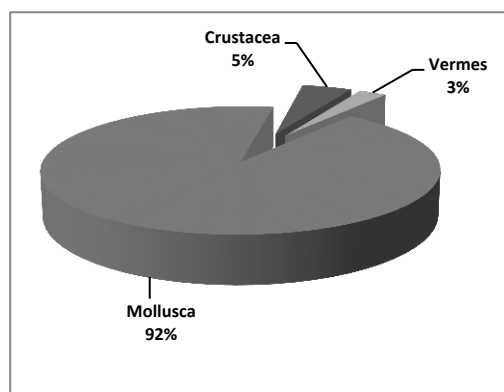
на мелководье. Скорее всего, это объясняется тем, что в зоне апвеллинга резко снижается численность консументов, потребляющих бентос, таких как донные рыбы и крупные ракообразные.

Таблица 4.9
**Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ на станции
«Широтная 2» в июле 2012 г.**

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Gammarus ishnus</i>	12250	10
<i>Mytalaster lineatus</i>	7000	175
<i>Jaera sarsi</i>	3300	1
<i>Balanus improvisus</i>	2250	10
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	700	7
<i>Nereis diversicolor</i>	400	16
<i>Corophium nobile</i>	250	1
<i>Didacna protracta</i>	160	369
<i>Theodoxus pallasi</i>	100	2
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	30	10
<i>Dreissena rostriformis</i>	20	< 1
<i>Derzhavinella macrochelata</i>	10	< 1
Всего	26470	603
Индекс Шеннона	2,0904	1,5479



а)



б)

Рис. 4.20 Структура численности (а) и биомассы (б) донной фауны на станции «Широтная 2»

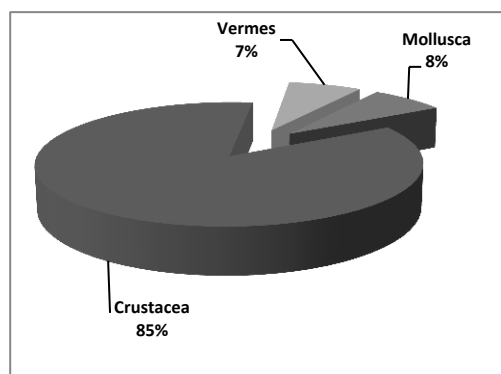
**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

В конце нефтепровода на глубине 18 м, где выполнялась станция «Сарматская», условия среды на дне полностью определялись апвеллингом. Толщина слоя холодных придонных вод достигала 6 м, температура на дне составила 10,3°С, соленость – 11,6 ‰, содержание растворенного кислорода – 4,9 мг/л, дальность видимости под водой увеличилась до 20 м. На конечном участке нефтепровода протяженностью 10 км труба в большей степени была замята грунтами. Несмотря на это, на станции «Сарматская» были обнаружены высокую биомассу животных и увеличение биоразнообразия за счет ракообразных (табл. 4.10 и 4.11, рис. 4.21 и 4.22).

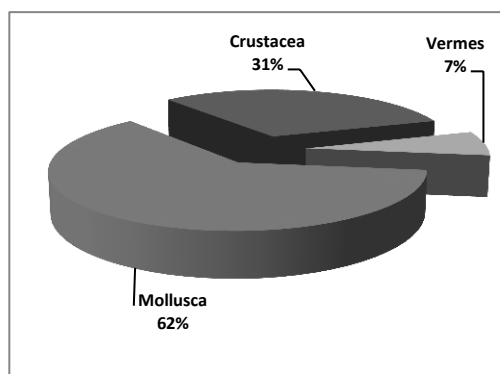
Таблица 4.10

Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ на фоновой станции «Сарматская»

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Corophium chelicorne</i>	1800	5,5
<i>Gammarus ischnus</i>	1700	1,3
<i>Nereis diversicolor</i>	350	6,6
<i>Mytilaster lineatus</i>	330	27,9
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	300	17
<i>Balanus improvisus</i>	120	3,5
<i>Amathillina cristata</i>	75	2,4
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	55	< 1
<i>Corophium nobile</i>	35	< 1
<i>Didacna protracta</i>	18	21,3
<i>Didacna parallella</i>	10	9,8
Всего	4793	97,3
Индекс Шеннона	2,2544	2,7907



а)



б)

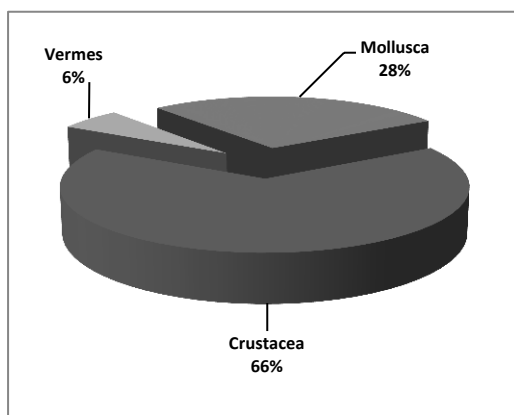
Рис. 4.21 Структура численности (а) и биомассы (б) донной фауны при фоновом отборе в районе станции «Сарматская»

**ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД
ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА
СЕВЕРНОМ КАСПИИ**

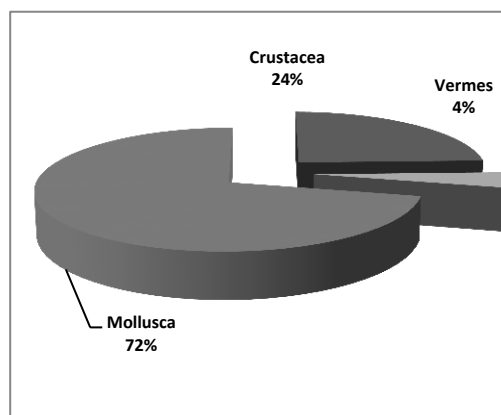
Таблица 4.11

**Видовой состав, численность и биомасса донных сообществ на станции
«Сарматская» (конечный участок нефтепровода)**

Вид	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
<i>Mytilaster lineatus</i>	4000	319
<i>Corophium chelicorne</i>	3500	9,8
<i>Balanus improvisus</i>	2500	73
<i>Gammarus ischnus</i>	2500	1,8
<i>Nereis diversicolor</i>	850	22,1
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	600	35
<i>Schizorchynchus bilamellatus</i>	240	5,4
<i>Amathillina cristata</i>	170	5,8
<i>Corophium mucronatum</i>	150	1,2
<i>Corophium nobile</i>	50	< 1
<i>Theodoxus pallasii</i>	50	1,8
<i>Didacna protracta</i>	35	37
<i>Cardiophilus baeri</i>	30	< 1
<i>Didacna parallella</i>	25	28
Всего	14700	540,9
Индекс Шеннона	2,6488	2,1172



а)



б)

Рис. 4.22 Структура численности (а) и биомассы (б) донной фауны на станции «Сарматская»

Расчеты показывают, что полезная площадь продуктивной зоны бентоса на среднем и конечном участках нефтепровода общей протяжен-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

ностью 24 км, составила 11,9 га. При средней удельной величине 416,9 г/м² общая биомасса бентоса составила 115,9 т, что на 94,2 т больше фоновых значений (77,8 г/м² и 21,7 т соответственно).

Таким образом, сравнительный анализ развития бентоса вдоль трассы нефтепровода показывает, что в целом биомасса сообществ, обитающих в зоне влияния нефтепровода в 3,3-5,8 раз выше фоновых величин (рис. 4.23).

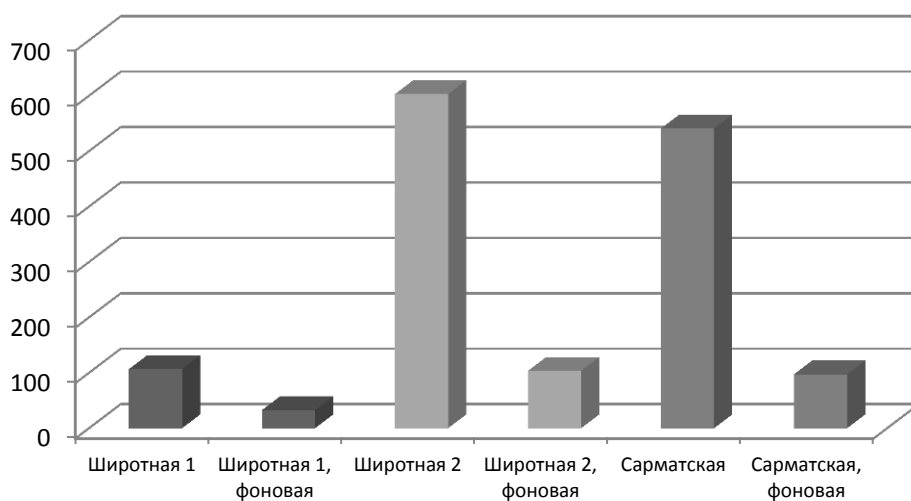


Рис. 4.23 Распределение общей биомассы бентоса (г/м²) вдоль трассы нефтепровода

В заключение следует отметить, что подводный нефтепровод, как и другие объекты нефтегазового комплекса на Северном Каспии, упомянутые в главе 4, в условиях острого дефицита твердого донного субстрата активно осваиваются биотой, демонстрируя общеизвестные эффекты искусственного рифа (Ушивцев и др., 2011; Davis et al., 1982). При этом, негативных воздействий на локальные экосистемы со стороны подводных сооружений при их штатной работе и в отсутствие аварийных ситуаций не обнаружено.

Мировое научное сообщество последние двадцать лет активно обсуждает преимущества и недостатки формирования локальных биоценозов вокруг морских гидротехнических сооружений. Особенно жаркие споры развернулись по поводу программы ликвидации отработавших нефтегазо-

ЧАСТЬ II. СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В ПЕРИОД ОБУСТРОЙСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ

вых платформ “Rigs-to-Reefs” (Baine, 2002; Hobbrook et al., 2000; Jorgensen, 2012; Macreadie et al., 2011; Schroeder, Love, 2004; Techera, Chandler, 2015). Например, в территориальных водах США подобным образом утилизируется каждая десятая глубоководная платформа. Они часто используются как средство восстановления нарушенных производственными работами экосистем, увеличения рыбных запасов и привлечения туристов для дайвинга и спортивного рыболовства (Macreadie et al., 2011).

Однако в работах (Hobbrook et al., 2000; Hobbrook et al., 2000; Schroeder, Love, 2004) эти экологические плюсы подвергаются сомнению, приводятся факты о том, что вокруг платформ формируются поля повышенных концентраций загрязнителей, в том числе токсичных, и что сами платформы становятся источником загрязнения в результате постепенного разрушения материалов, из которых они изготовлены. В работе (Techera, Chandler, 2015) обсуждается слабость имеющихся в настоящее время в руках правительств инструментов для адекватного регулирования этой области, что позволяет многим нефтяным компаниям лоббировать этот способ ликвидации старых платформ без проведения достаточных исследований по их безопасности для окружающей среды для того, чтобы избежать огромных затрат на их полную утилизацию. Накопление негативной информации привело к тому, что конвенцией OSPAR эта программа была вообще запрещена для акватории Северного моря (Baine, 2002; Jorgensen, 2012). Приведенные здесь примеры формирования локальных биоценозов в местах расположения объектов нефтегазового комплекса вносят определенный вклад в эту дискуссию, указывая на положительное влияние подводных сооружений на биоразнообразие и обилие морской фауны в северной части Каспийского моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой книге собраны исследования, на первый взгляд, мало связанные друг с другом. Однако все они призваны восполнить один из существенных пробелов в изучении влияния абиотических факторов среды на биологические сообщества. Как показал анализ научных публикаций по этой тематике, в настоящее время все еще не удастся провести четкую дифференциацию между влиянием на биоту природных и антропогенных процессов.

Между тем, выявление этих специфических воздействий имеет важное значение для выяснения причин динамики биологических сообществ. При этом речь идет не только об изменениях, имевших место в прошлом (что немаловажно), но прежде всего об изменениях, которые можно ожидать в будущем, когда уровень естественного воспроизводства гидробионтов, без сомнения, будет по-прежнему определяться совместным влиянием природных и антропогенных процессов на среду их обитания.

Благодаря новому подходу к формированию исходных материалов, в частности использованию выборок, выровненных по годовому стоку, в первой главе установлено, что практически все из рассмотренных 15 гидрологических параметров половодья в той или иной степени подверглись антропогенной деформации, за исключением стока воды в мае, объем которого в среднем практически не изменился. Подтверждено мнение о том, что степень воздействия зарегулирования на гидрологические параметры половодья снижается при повышении водности лет. В то же время показано, что восстановление естественного режима половодья в многоводные годы невозможно, так как в эти годы наряду с сокращением числа параметров, испытывающих сильное воздействие, уменьшается число параметров, испытывающих слабое воздействие. Изменения продолжительности подъема воды и ее стока в летние месяцы, обусловленные зарегулированием, носят сильный, устойчивый характер и не компенсируется повышением водности лет.

К практическим, наиболее важным результатам относятся установленные количественные зависимости гидрологических параметров половодья от его объема и показателей урожайности рыб от гидрологических параметров половодья. Показано, что эти зависимости, апробированные на широком материале, превышающем по объему исходные выборки, можно

использовать для составления прогнозов гидрологических условий половодья и урожайности воблы и леща в дельте Волги за месяц и более до наступления полых вод, что открывает широкие возможности для оптимизации попусков воды с целью повышения уровня воспроизводства рыбных запасов. Одновременно, проверка на независимом материале подтвердила объективный характер выявленных в работе причинно-следственных связей урожайности воблы и леща с гидрологическими параметрами половодья. Практическую ценность имеет также установленная зависимость урожайности воблы и леща от стока загрязняющих веществ. Количественный характер этой зависимости позволяет использовать ее для оценки ущерба рыбным запасам, наносимого загрязнением речных вод.

В связи с открытием и освоением месторождений углеводородов в северной части Каспийского моря в конце XX-го в. возникла потребность в защите северо-каспийской экосистемы от нового вида техногенного воздействия. Прежде всего, речь идет о сохранении запасов ценных видов рыб, (осетра, севрюги, воблы, леща), основным кормом которых являются донные животные. Вообще зообентос играет важную роль в биологической продуктивности Северного Каспия, так как его продукция здесь превышает продукцию зоопланктона. С учетом этих обстоятельств, защита зообентоса является условием сохранения рыбных запасов. Однако, как природоохранный объект зообентос изучен недостаточно, что и послужило целью исследований, результаты которых освещены во второй главе.

Они проводились на первом этапе освоения нефтегазовых месторождений Северного Каспия, т.е. в то время, когда на его акватории началась широкомасштабные геологоразведочные работы. Но не эти работы, а вселение гребневика мнemiопсиса, как показано во второй главе, стало основной причиной изменений состояния зообентоса в этот период. Эти изменения характеризовались сокращением видового разнообразия и связанной с ним трансформацией видового состава эколого-фаунистических комплексов, трофических групп и сообществ донных животных. Непосредственно вслед за первой массовой вспышкой гребневика в Северном Каспии уменьшилась численность кормовых организмов, а затем снизилась их биомасса.

В центре внимания авторов было изучение пространственной изменчивости видового разнообразия донной фауны и состава ее основных структурных элементов: эколого-фаунистических комплексов, трофических групп, сообществ донных животных, кормовых и некормовых орга-

низмов. При этом основные усилия были сосредоточены на исследовании районов расположения объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений, в начале 2000-х гг. только планируемых. Исследования показали, что именно в этих районах была зарегистрирована наибольшая биомасса кормовых организмов.

Результаты изучения подводных объектов нефтегазового комплекса, которых приведены во второй части книги, до известной степени объясняют этот интересный феномен «рифовыми эффектами». Таким образом, фактически подтверждается высказанное ранее положение о том, что защита зообентоса является предпосылкой сохранения рыбных запасов Северного Каспия. Это положение можно считать главной отправной точкой для разработки мер, направленных на защиту донной фауны во время обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

Мировое научное сообщество в последние годы активно обсуждает преимущества и недостатки формирования локальных биоценозов вокруг морской нефтегазодобывающей инфраструктуры, часто используемых как средство восстановления нарушенных производственными работами экосистем. Приведенные в четвертой главе примеры формирования локальных биоценозов в местах расположения объектов нефтегазового комплекса вносят определенный вклад в эту дискуссию, указывая на положительное влияние подводных сооружений на биоразнообразие и обилие морской фауны в северной части Каспийского моря.

В заключение отметим, что хотя комплексные исследования на акватории лицензионных участков российских нефтегазодобывающих компаний, проводимые в целях отслеживания изменений состояния экосистемы моря и разработки требований по снижению до минимума влияния нефтегазодобычи на водные биоресурсы, показали отсутствие существенных воздействий, тем не менее, нефтедобыча представляет собой большую потенциальную угрозу экосистеме Каспийского моря. Следует помнить, что биологические сообщества могут приспосабливаться к меняющимся условиям, но существуют границы их адаптационных возможностей, за которыми происходят необратимые изменения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов Г.М., Ахмедова Г.А. Влияние загрязнения на биологическое разнообразие Волжско-Каспийского бассейна. Материалы I международной научно-практической конференции "Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтяных месторождений" (16-18 февраля 2005 г., г. Астрахань). - Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 2005. - С.11-13.
2. Абдусаматов А. С., Абдурахманов Г.М., Карпюк М.И. Современное состояние и эколого-экономические перспективы развития рыбного хозяйства в западно-каспийском регионе России// Отв. ред. В.Ф. Зайцев - М.: Наука, 2004. - 497 с.
3. Агатова А.И., Кирпичев К.Б., Лапина Н.М. Органическое вещество Каспийского моря // Океанология. – 2005. – Т.45. №.6. –С.841-850.
4. Алехина Р.П. Эффективность размножения воблы и леща в разных зонах дельты Волги в зависимости от гидрологических условий. Тезисы докладов Всесоюзной конференции. Мурманск, 1975 -С. 3-4.
5. Алехина Р.П., Курапов А.А., Финаева В.Г. Режим весенних попусков и его влияние на ранний онтогенез полупроходных рыб Волго-Каспийского района. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по раннему онтогенезу. Мурманск, 1988 - С. 16-18.
6. Алехина Р.П., Финаева В.Г. Значение отдельных районов дельты Волги в воспроизводстве полупроходных рыб // Рыбохозяйственные основы территориального перераспределения водных ресурсов. М.: ВНИРО, 1981. С. 65 – 80.
7. Алехина Р.П., Финаева В.Г. Оценка эффективности размножения полупроходных рыб в дельте Волги // Сб. Экология молодежи и проблемы воспроизводства каспийских рыб. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – С.7-21
8. Алигаджиев Г.А. Реконструкция донной фауны дагестанского района Каспийского моря в связи с массовым развитием в нем азово-черноморских вселенцев// Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. – М.: Наука, 1965. –С.166-199.
9. Алимов А.Ф. Интенсивность обмена у водных пойкилотермных животных // Общие основы изучения водных экосистем. – Л.: Наука, 1979. – С. 5-20.

10. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования экосистем. – СПб.: ЗИН РАН, 2000. – 147 с.
11. Алтуфьев Ю.В., Власенко А.Д., Шевелева Н.И., Поленов А.Н. Функциональное состояние гонад и нейрогипофиза осетра и белуги в низовьях дельты и под плотиной Волгоградской ГЭС в зимний период // Тез. и реф. II Всес. Совещания «Осетровое хозяйство внутренних водоемов СССР» (26 февраля – 2 марта 1979 г.) – Астрахань, 1979. – С.4-5.
12. Анализ экологического состояния Среднего Каспия и проблема воспроизводства рыб. / под ред. Г.М. Абдурахманова. – М.: Наука, 2003. – 424 с.
13. Ардабьева А.Г, Тарасова Л.И., Малиновская Л.В., Смирнова Л.В. Кормовая база Северного Каспия в 2002 г. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2002 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2003. - С.134-144.
14. Ардабьева А.Г, Тарасова Л.И., Малиновская Л.В., Смирнова Л.В. Кормовая база Северного Каспия в 2003 г. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2003 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2004. - С.112-123.
15. Артемьев В.Е. Геохимия органического вещества в системе река-море - М: Наука, 1993, 204 с.
16. Артюхова В.И. Изучение адаптации синезеленых водорослей к некоторым токсикантам // Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. – М., 1980. – 24 с.
17. Архипова Е.Г. Термический режим Северного Каспия и его возможные изменения в связи с падением уровня. // Тр. ГОИН. – 1955. - Вып. 20. - С. 337-395.
18. Астахова Т.В. Паразитофауна молоди воблы Волжско-Каспийского района. Труды КаспНИРО. – 1957. Т. XIII. – С 12 – 19.
19. Астахова Т.В., Катунин Д.Н. Требования рыбного хозяйства Каспия к водному режиму р. Волги // Тр. КаспНИРХа. – 1971. – Т.26. – С.3-8.
20. Атлас основных кормовых организмов рыб Нижней Волги и Каспийского моря/ Сокольский А.Ф., Курашова Е.К., Степанова Т.Г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. - 394 с.
21. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биол. внутр. вод. - 2000а. - № 1. -С. 68-82.

22. Баканов А.И. Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу // Водн. ресурсы. - 1999. - Т. 26. - № 1. - С. 108-111.
23. Белевич Е.Ф. Районирование дельты Волги.// Тр. Астраханского заповедника. - 1963. Вып. 8. - С. 401-421.
24. Белоголова Л.А. Биология и формирование численности молоди полупроходных рыб в Северном Каспии в условиях зарегулированного стока реки Волги // Автореф. канд. дисс. – М., 1991. – 26 с.
25. Белоголова Л.А. Динамика численности и распределения молоди полупроходных рыб в Северном Каспии в период зарегулирования стока Волги // Экология молоди и проблемы воспроизводства каспийских рыб: Сб. научных трудов. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. С. 37 –58.
26. Беляева В.Н., Боровиков И.В., Инжеватов А.В., Колмыков Е.В., Степанова Т.Г. Опыт создания искусственных рифов в прибрежных акваториях Каспийского моря // Сб. науч. трудов ВНИРО “Искусственные рифы для рыбного хозяйства”. – М. – 1990. – С.235.
27. Беляева В.Н., Колмыков Е.В., Степанова Т.Г. Экспериментальные искусственные рифы в Каспийском море // Тез. докл. Всесоюзной. конф. “Научно-технические проблемы марикультуры в стране”. – Владивосток. – 1989. – С.71 – 73.
28. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Изд. 4-е. Ч. 2. – М., 1949. - С. 925.
29. Березина Ф.С. Микробные пейзажи илов Каспийского моря// ИМВ АН КазССР. – Алма-Ата. – 1978. – Т.23.
30. Биогеохимия океана - М: Наука, 1983 - 368 с.
31. Биологическая продуктивность Каспийского моря. // Труды ВНИРО. - Т. CVIII. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 262 с.
32. Бирштейн Я.А. Годовые изменения бентоса Северного Каспия // Зоологический журнал. - 1945. - Т. 24. - Вып. 3. - С. 133-147.
33. Богорад А.В. Гидрологическая характеристика Северного Каспия по материалам 1956-1957 гг. // Фонды КаспНИРО, 1958. – 231 с.
34. Брискина М.М. Состав пищи донных беспозвоночных в Северной части Каспийского моря. // Доклады по биологии, систематике и питанию рыб, по химии моря и сетеконсервированию. Вып.1. - М.: Пищепромиздат, 1952. - С. 121-126.
35. Бугров Л. Ю., Лапшин О. М., Муравьев В. Б. Эколого-инженерные аспекты подводной технологии по созданию искусственных биотопов // Те-

- зисы докладов Международного симпозиума по современным проблемам марикультуры в социалистических странах. - М.: ВНИРО, 1989.- С. 62-64.
36. Бурцацкий О. Н., Курапов А.А., Чаленко В.А., Шельтинг С. К., Шейков А. А., Курганская В. В., Неводниченко С. П., Кузнецова Т. И. Использование ландшафтного картирования для морских экологических исследований // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2005. - №7. - С.69-80.
37. Бухарицын П.И. Прибрежные нефтепромыслы и нефтяное загрязнение Северного Каспия. // Сб. Биологические ресурсы Каспийского моря. – Астрахань, 1992. - С. 51-53.
38. Бэр К.М. Материалы для истории рыболовства в России и прилежащих ей морях. // Очерки по биологическим основам рыбного хозяйства. - М.: Издательство АН СССР, 1961. - С. 5-23.
39. Винецкая Н.И. Зависимость уловов промысловых рыб и замедленного роста воibly от биогенного стока р. Волги и величины первичной продукции Северного Каспия. // Тр. ВНИРО. -1966а. – Т.. 60. - С. 103-113.
40. Винецкая Н.И. Многолетние и сезонные изменения гидрохимического режима Северного Каспия до зарегулирования стока р. Волги. // Тр. КаспНИРО. - 1962. - Т. 18. - С. 4-90.
41. Винецкая Н.И. Первичная продукция Северного Каспия // Первичная продукция морей и внутренних вод. - Минск: Изд-во МинВУЗа БССР, 1961. - С. 52-59.
42. Винецкая Н.И. Первичная продукция Северного Каспия. // Тр. КаспНИРХ. – 1965. - Т. 20. - С. 21-34.
43. Винецкая Н.И. Фосфатный фосфор и первичная продукция северной части Каспийского моря. // Химические процессы в морях и океанах. М.: Наука, 1966б.- С. 145-151.
44. Виноградов Л.Г. Возможное изменение кормовой базы каспийских рыб в условиях зарегулированного стока Волги. // Тр. Океанограф. комиссии АН СССР. - 1959а. - Т. 5. – С. 229-235.
45. Виноградов Л. Г. Возможные пути мелиорации Северного Каспия // Материалы Всесоюз. совещ. по проблеме Каспийского моря. - Баку: Ан АзербССР. 1963.- С. 148-154.
46. Виноградов Л.Г. Многолетние изменения северокаспийского бентоса. // Тр. ВНИРО, 1959в. – Т. 38, вып. 1, - С. 241-276.

47. Виноградов Л.Г. Количественные связи между развитием северо-каспийского бентоса и элементами гидрологического режима. // Тр. Океанограф. комиссии АН СССР. - 1960. - Т. 10. - №4. – С. 31-32.
48. Виноградов Л.Г. Предстоящие изменения каспийской кормовой фауны и необходимые меры по ее укреплению. // Тр. ВНИРО. - 1959б. - Т. 38, вып. 1. – С. 165-175.
49. Водовский Н. Б. Особенности функционирования искусственных рифовых субстратов в Каспийском море // Сборник тр. Международной научно-практической конференции «Проблемы управления экологическим состоянием территории Каспийского бассейна», Актау, 23 октября 2009 г. - Актау: Каспийский госуниверситет технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова, 2009. - С. 25 – 30.
50. Водовский Н.Б. Влияние формы поверхности донных отложений на распределение сообществ зообентоса Северного Каспия // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых «Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек». – Астрахань, 2010. – С 33-34.
51. Войнова М.В. Использование географо-информационной системы (ГИС) для изучения роли нефтяных углеводородов в загрязнении донных отложений Северного Каспия. // Материалы межрегиональной научной конференции «Социально-экономическое и политико-правовое развитие региона». – Астрахань: Изд-во МОСУ, 2005а. – С.15-17.
52. Войнова М.В. Использование географо-информационной системы (ГИС) как инструмента для управления охраной окружающей среды при освоении нефтегазовых месторождений. // Материалы первой международной научно-практической конференции молодых ученых «Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек. – Астрахань: Издательство КаспНИРХ, 2004. –С 48-50.
53. Войнова М.В. Роль нефтяных углеводородов в загрязнении донных отложений Северного Каспия. // Материалы Международной конференции, посвященной 75-летию со дня образования АГТУ., г. Астрахань. Вестник АГТУ. Специальное приложение к №5 (28)/2005б сентябрь-октябрь. - С.22-27.
54. Войнова М.В., Курапов А.А., Киселев А.В. Современное состояние кормовой части бентоса западной части Северного Каспия// Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России:

- сборник статей V Международной научно-практической конференции. - Пенза: РИО ПГСХА, 2007а. – С. 44-46.
55. Войнова М.В., Курапов А.А., Киселев А.В. Состояние зообентоса в районах западной части Северного Каспия, предназначенных для нефтегазодобывающей деятельности. //Материалы второй международной конференции молодых ученых и специалистов «Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек» (11-13 апреля 2007 г., г Астрахань). – Астрахань: Издательство КаспНИРХ, 2007б. – С. 26-27.
56. Войнова М.В., Монахов С.К., Курапов А.А. Видовое разнообразие зообентоса западной части Северного Каспия в 2000-2003 гг. // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей V Международной научно-практической конференции. - Пенза: РИО ПГСХА, 2007а. – С. 47-50.
57. Войнова М.В., Монахов С.К., Курапов А.А. Динамика эколого-фаунистических комплексов зообентоса Северного Каспия в 2000-2003 гг. по данным производственного экологического мониторинга. // Астраханский мир науки. – 2006а. -№1 (1). – С. 68-72.
58. Войнова М.В., Монахов С.К., Курапов А.А. Современное состояние донных сообществ западной части Северного Каспия по данным производственного экологического мониторинга // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. –2006б. - №11. - С.79-86.
59. Волга и ее жизнь. - Л., «Наука». 1978. - 348 с.
60. Гераскин П.П. Нарушения обмена веществ у русского осетра в современных условиях Волго-Каспия // Осетровое хозяйство водоемов СССР: Краткие тез. научн. докл. к предстоящему Всес. Срещанию (ноябрь 1989г.).-Астрахань, 1989. – С.60-62.
61. Гераскин П.П., Алтуфьев Ю.В., Металлов Г.Ф., Шелухин Г.К., Романов А.А., Переварюха Ю.Н., Аксенов В.П., Шевелева Н.Г. Физиологический статус каспийских осетровых в современных экологических условиях моря и р. Волги и его влияние на их воспроизводительную способность // Биологические ресурсы Каспийского моря и пути их рационального использования (по материалам исследований 1992 г.). – Астрахань, 1993. – С.51-55.
62. Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия - Л: Гидрометеоиздат, 1985 - 263 с.

63. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI. Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Терзиева Ф.С. и др. - С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 1992. - 360 с.
64. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI. Каспийское море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности / Под ред. Терзиева Ф.С. и др. - С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 1996. - 322 с.
65. Голиков А.Н., Скарлато О.А. Результаты изучения закономерностей распределения жизни в верхних отделах шельфа морей СССР // Ресурсы биосферы - №7-1971 г. – С. 236.
66. Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Активизация выбросов нефти из недр Северного и Среднего Каспия в апреле-июне 2012 г. по спутниковым и геолого-геофизическим данным // Исслед. Земли из космоса. 2014. № 2. С.67-81.
67. Давыдов Д.К. Гидрография СССР. (Воды суши). Ч. I. Общая характеристика вод. Л., 1953. 184 с.
68. Дадашев Ф.Г., Мамедова П.А., Полетаев А.В., Зональное распределение грязевых вулканов в нефтегазоносных областях // Геология нефти и газа. – 2003. – № 1. – С. 18–20.
69. Демина Л.Л., Гордеев В.В., Фомина Л.С. Fe, Mn, Zn, Cu в речной воде и взвеси и их изменения в зоне смешения речных вод с морскими (на примере рек Черного, Азовского и Каспийского морей) // Геохимия, 1978, №8 - С.1211-1229
70. Земская К.А., Кузьмин А.Г. О закономерностях воспроизводства полупроходных рыб Каспия // Тр. ВНИРО. – 1972. – Т.83. – С.54-71.
71. Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 739 с.
72. Зенкевич Л.А. Продуктивность морских водоемов СССР // Тр. фаунист. конф. Зоологического ин-та АН СССР. – Л.: Секция гидробиол., 1934. -С. 11-18.
73. Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. Т. 1. – М.: Сов. наука, 1951. – 505 с.
74. Зенкевич Л.А., Брочкая В.А. Материалы по экологии руководящих форм бентоса Баренцева моря // Уч. зап. МГУ. Зоол. - 1937. - № 3. - С. 203-226.
75. Зенкевич Л.А., Зевина Г.Б. Перестройка фауны Каспийского моря. – Природа, 1968, №1, с.12-22.

76. Зиновьев А.Ф. Планктон покоев и ильменей дельты р. Волги и его кормовое значение для молоди промысловых рыб. // Тр. В.-К. научн. Рыбхоз. ст. – 1947. - Т. IX. вып.1. – С. 19-21.
77. Иванов А.Ю., Колмыков Е.В., Бобков А.А. и др. О характере и причинах возникновения мелкомасштабных пленочных сликов в Северном Каспии, обнаруженных по данным спутникового радиолокационного мониторинга // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2014. - № 12. - С. 17–22.
78. Иванов В.П. Биологические ресурсы Каспийского моря. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. – 100 с.
79. Иванов В.П., Сокольский А.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. - 181 с
80. Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия / Отв. ред. Зенкевич Л.А. - М.: Наука, 1965. - 259 с.
81. Инструкция по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания. – Астрахань: Изд-во ФГУП «КаспНИРХ», 2011.- 233 с.
82. Исаченко-Боме Е.А. Корреляция показателей макрозообентоса и загрязняющих веществ в донных отложениях. // Современные проблемы водной токсикологии. Международная конференция памяти д.б.н., проф. Б.А. Флерова (2.04.1937-18.01.2005), (20-24 сентября 2005 г., Борок). Тезисы докладов. - Борок, 2005. - 183 с.
83. Казаков А.А., Колмыков Е.В., Журавель В.И. Комплексный план предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов как новый этап обеспечения экологической безопасности Северного Каспия// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014 – №12. – С. 6–12.
84. Казанчев Е.Н Биологическая и рыбная продуктивность Северного Каспия // Отчетная сессия КаспНИРХа по работам 1972 г.: Тез. докл. – Астрахань, 1973. – С. 29-31.
85. Казанчев Е.Н. Рыбы Каспийского моря (определитель). – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 168 с.
86. Казанчев Е.Н. О полупроходных рыбах Северного Каспия. // Тр. ВНИРО. – 1972. - Т. 89. - С. 42 – 61
87. Калинин Г.П., Клиге Р.К., Полушкин Е.В. Изменение уровня Каспийского моря как показателя увлажненности Волжского бассейна // Матер.

- Всесоюз. науч. конф. По проблеме комплексного использования и охраны водн. Ресурсов бассейна Волги. Вып. 1. - Пермь, 1975. - С. 26-28.
88. Камакин А.М. Особенности формирования популяции вселенца *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) (Ctenophora: Lobata) в Каспийском море. - Автореферат дис.- Астрахань, 2005. – 23 с.
89. Карпевич А.Ф. Влияние условий среды на изменение фауны Северного Каспия. // Доклады по биологии, систематике и питанию рыб, по химии моря и сетеконсервированию. Вып.1. - М.: Пищевая промышленность, 1952б. - С.111-115.
90. Карпевич А.Ф. Значение экологии беспозвоночных для оценки кормовой базы рыб. // Доклады по биологии, систематике и питанию рыб, по химии моря и сетеконсервированию. Вып.1. - М.: Пищевая промышленность, 1952а. - С.104-109
91. Карпевич А.Ф. Приспособленность обмена дрейссен Северного Каспия к изменениям солевого режима // Зоологический журнал. 1947. - Т. 27. - Вып. 4. -С. 331 -338.
92. Карпинский М.Г. Экология бентоса Среднего и Южного Каспия. - М.: Изд-во ВНИРО, 1984. - 283 с.
93. Карпюк М.И., Катунин Д.Н. Проблемы сохранения экосистемы Северного Каспия в условиях масштабного развития нефтедобычи. // Материалы I международной научно-практической конференции "Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтяных месторождений" (16-18 февраля 2005 г., г. Астрахань). - Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 2005. - 260 с.
94. Карпюк М.И., Катунин Д.Н., Абдусаматов А.С., Сокольский А.Ф., Егоров С.Н., Камакин А.М., Воробьева А.А., Галушкина Н.В., Кравченко Е.А. Оценка влияния *Mnemiopsis leidyi* на биоту Каспийского моря и разработка мер по сокращению его численности. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2004 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2005. - С.154-174.
95. Каспийское море Проблемы седиментогенеза. – М.: Наука, 1989б. – 184 с.
96. Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. - М.: Наука, 1986. – 262 с.
97. Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы. – М.: Наука, 1989а. – 236 с.
98. Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность. – М.: Наука, 1985. – 278 с.

99. Касымов А.Г. Каспийское море. - Л.: Гидрометиздат, 1987.- 152 с.
100. Касымов А.Г. Экология Каспийского озера. – Баку, 1994. – 238 с.
101. Катунин Д.Н. Заливание волжской дельты в условиях работы Волгокамского каскада гидроэлектростанций // Тр. КаспНИРХ. – Астрахань. – 1971. Т. 26. – С.35 – 41.
102. Катунин Д.Н., Хрипунов И.А., Беспарточный Н.П., Галушкина Н.В., Никотина Л.Н., Кравченко Е.А., Радованов Г.В., Кашин Д.В., Железцова Е.Г. Гидролого-гидрохимический режим Нижней Волги и Каспийского моря // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2000 год - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2001. - С. 15-33.
103. Коблицкая А.Ф. Влияние изменений различных факторов среды на характер и эффективность нереста полупроходных рыб в низовьях дельты Волги // Тр. Совещ. по динамике численности рыб Ихтиол. комис. АН СССР. - 1961. - Вып. 13. - С. 265 – 267.
104. Коблицкая А.Ф. Значение низовьев дельты р. Волги для нереста рыб. // Вопросы ихтиологии. – 1957. - Вып. 9. - С. 29 – 54.
105. Коблицкая А.Ф. Изучение нереста пресноводных рыб: (Метод. пособие). - М.: Пищевая пром-сть, 1966. - 110 с.
106. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 208 с.
107. Коблицкая А.Ф. Сукцессия нерестовых сообществ дельты Волги. // Вопросы ихтиологии, 1977. - Т. 17, вып. 4(105). - С. 607-620.
108. Коваленко А.Д., Курапов А.А., Косарева М.В. Действие нефти на зоопланктон Каспия. // Материалы 15 научно-практической конференции, посвященной 75-летию охраны окружающей среды. – Махачкала, 1999. - С. 28-31.
109. Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек. // Материалы первой международной научно-практической конференции молодых ученых (7-9 июля 2004 г. Астрахань). – Астрахань: Издательство КаспНИИРХ, 2004. – 244 с.
110. Коновалова Т.В., Белен Т.А., Христофорова Н.К. Количественные изменения бентоса на начальном этапе освоения Пильтун-Астохского нефтегазового месторождения (северо-восточные шельф Сахалина) // Исследовано в России. - 2003.
111. Кормовая база рыб Каспийского моря. // Тр. ВНИРО. – 1975. - Т. 108. – С.81-98.

- 112.Круглова Г.В., Христофоров А.В., Эдельштейн К.К. Влияние антропогенных факторов на многолетние колебания стока Волги // Вест. Моск. Унта, сер.5, География, - 1994. - №1. - С. 48-55.
- 113.Кукса В.И. Южные моря в условиях антропогенного стресса.// СПб: Гидрометеоздат, 1994. - С. 74-149.
- 114.Курапов А.А. Охрана природной среды при освоении нефтегазовых месторождений Северного Каспия. Автореферат к защ. докт. дис.. - Астрахань, 2006. – 24 с.
- 115.Курапов А.А., Карпюк М.И., Катунин Д.Н., Монахов С.К. Эколого-рыбохозяйственное районирование и охрана биологических ресурсов Северного Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2005. - №7. - С.81-88.
- 116.Курапов А.А., Катунин Д.Н., Ревякин В.И., Попова Н.В., Чаленко В.А., Монахов С.К. Основы, итоги и перспективы развития системы экологической безопасности ОАО «Лукойл» при освоении месторождений углеводородного сырья в Северной части Каспийского моря. // Материалы I международной научно-практической конференции "Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтяных месторождений" (16-18 февраля 2005 г., г.Астрахань). - Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 2005. - 260 с.
- 117.Курапов А.А., Попова Н.В., Островская Е.В. Экологическая безопасность нефтяных операций на мелководном шельфе. Международная практика и опыт российских компаний на Северном Каспии. – Астрахань: Новая артель, 2006. – 266 с.
- 118.Курашова Е.К., Тиненкова Д.Х., Петренко Е.Л., Тарасова Л.И. Состояние зоопланктона в Каспийском море в период интенсивного развития гребневика *Mnemiopsis* sp. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2001 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2002. - С.86-97.
- 119.Кучерук Н.В. Сублиторальный бентос Североперуанского апвеллинга // Экология фауны и флоры прибрежных зон океана. - М.: ИО АН СССР, 1985. - С. 14–31.
- 120.Кучерук Н.В., Савилова Т.А. Количественная и экологическая характеристика донной фауны шельфа и верхнего склона района Североперуанского апвеллинга // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1985. – Т. 89. - Вып.4. - С. 59-70.

121. Кушнаренко А.И., Кузнецов Ю.А., Родионова О.В., Ермилова Л.С., Ветлугина Т.А., Коротенко Г.М. Современное состояние запасов пресноводных рыб Волго-Каспийского района // Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2001. – С. 250 – 272.
122. Кушнаренко А.И., Сидорова М.А., Белоголова Л.А., Чернявский В.И. Распределение и численность полупроходных рыб в Северном Каспии // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2001 г. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2002. С. 247 – 263.
123. Лапшин О.М. Эффективность прибрежного рыболовства на комплексных искусственных рифах // Техника промышленного рыболовства. Вопросы теории, практики промысла и поведения гидробионтов. - М.: ВНИРО, 1993. - С. 210-218.
124. Лукьяненко В.И. Кризисная токсикологическая обстановка в водоемах. // Рыбное хозяйство. - 1990. - № 6. - С. 45-49.
125. Лукьяненко В.И. Влияние многофакторного антропогенного пресса на условия обитания, воспроизводство, численность и уловы осетровых рыб // Физиолого-биохимический статус Волго-Каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (Кумулятивный политоксикоз). – М., 1990. – С.25-44.
126. Лукьянов Ю.С., Бухарицин П.И. Достоверность и репрезентативность информации при экологическом мониторинге морской среды // Тезисы докладов Международной научной конференции «Современные климатические и экосистемные процессы в уязвимых природных зонах (арктических, аридных, горных)» (г. Азов, 5-8 сентября 2006 г.). – Ростов-на-Дону, 2006. - С. 130-132.
127. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1974а. – 60 с.
128. Малиновская Л. В. Роль вселенцев в формировании донной фауны Северного Каспия // Виды вселенцев в европейских морях России. – Мурманск, 2000. – С. 57–59.
129. Малиновская Л. В. Роль отдельных видов беспозвоночных в формировании бентоса Северного Каспия в современный период 2000–2001 гг. // Тез. Междунар. конф. «Современные проблемы океанологии шельфовых морей России». – Мурманск, 2002. – С. 150–151.

130. Малиновская Л.В., Зинченко Т.Д. Многолетняя динамика сообществ макрозообентоса Северного Каспия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2010. - Т. 12. - №1. - С. 179 – 184.
131. Малиновская Л.В., Кочнева Л.А. Состояние донной фауны Каспийского моря в 2004 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2004 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2005. - С.140-148.
132. Мандель И.Д. Кластерный анализ – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
133. Маргалев Р. Облик биосферы. – М.: Наука, 1992. – 214 с.
134. Матишов Г.Г. Общие причины кризисных явлений в экосистемах морей северной Европы // Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря. – Апатиты: Изд-во ММБИ, 1991. – С. 8-33.
135. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
136. Миронов О.Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение. – М.: Пищепромиздат, 1972. -105 с.
137. Миронов О.Г., Лаганская Л.А. Развитие микроскопических водорослей в морской воде, загрязненной углеводородами // Продукционно-биологические процессы в южных морях. – Киев, 1969.
138. Михайлов В.Н., Коротаев В.Н., Полонский В.Ф. Гидролого-морфологические процессы в Устьевой области Волги и их изменения под влиянием колебаний уровня Каспийского моря // Геоморфология. - 1993. - № 4. - С.97 – 107.
139. Михайлов В.Н., Рогов М.М., Макарова Т.А., Полонский В.Ф. Динамика гидрографической сети неприливых устьев рек. - М.: Гидрометеиздат, 1977. -294 с.
140. Монахов С.К., Курапов А.А., Попова Н.В., Ныров Д.А., Татарников В.О. Новые методы и технологии оценки состояния морской среды для экологического обоснования нефтегазодобывающей деятельности на акватории Каспийского моря. // Материалы первой международной НПК «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (16-18 февраля 2005 г., Астрахань). – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. – С. 150-154.
141. Монахов С.К., Курапов А.А., Татарников В.О. Локальные зоны очищения и загрязнения вод в западной части Северного Каспия по данным производственного мониторинга // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2005. - №7-С.45-53.

142. Мониторинг окружающей природной среды Северо-Восточной части Каспийского моря при освоении нефтяных месторождений (Результаты экологических исследований Аджип ККО 1993-2006 гг.) / гл. ред. Н.П. Огарь. - Алматы, 2014. – 263 с.
143. Морские гидробиологические исследования. // Сб. научных трудов (под ред. Нейман А.А.) – М.: Издательство ВНИРО, 2000. – 231 с.
144. Муравейко В.М., Беляев А.В., Шпарковский И.А. Влияние геофизических методов разведки шельфа морей на пелагические и донные биоценозы // Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря. - Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1991. – С. 78-84.
145. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
146. Научные основы устойчивого рыболовства и регионального распределения промысловых объектов Каспийского моря / Под ред. В.Н. Беляевой, В.П. Иванова, В. К. Зиланова. - М.: Изд-во ВНИРО, 1998. - 167 с.
147. Некрасова С.О. Загрязнение поверхностных вод в дельте р. Волги. Сб. Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 284-285.
148. Немировская И.А., Бреховских В.Ф. Генезис углеводов во взвеси и донных осадках северного шельфа Каспийского моря // Океанология. - 2008. - Т. 48. - №1. - С. 48-58.
149. Немировская И.А., Козина Н.В., Лисицын А.П. Происхождение углеводов в современных осадках Каспийского моря // Доклады АН. - 2014. - Т. 459. - №4. С 490–495.
150. Немировская И.А., Островская Е.В., Алексеев А.Г. Происхождение углеводов в донных осадках Северного Каспия // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. - №12. - С. 17-22.
151. Немировская И.А., Островская Е.В., Монахов С.К., Колмыков Е.В. Особенности распределения углеводов в донных осадках лицензионного участка «Северный» в Каспийском море // Материалы XXI Международной научной конференции (Школы по морской геологии) (16-20 октября 2015 года, Москва, Российская Федерация). - Москва, 2015. - Т 3. - С. 342-346.
152. Никаноров А.М. Качество поверхностных вод суши России и совершенствование государственной системы мониторинга. // Вода: экология и технология. Материалы международного конгресса. - М., 1994. - С. 1049-1057.
153. Одум Ю. Экология: в 2-х т. – М.: Мир, 1986. - Т.1. – 328 с.; Т. 2. – 376 с.

154. Орадовский С.Г., Афанасьева Н.А., Иванова Т.А., Матвейчук И.Г. Оценка тенденций изменения уровня химической загрязненности акваторий Каспийского, Черного и Азовского морей за период 1980-1955 гг. // *Океанология*. – 1997. - Т. 37. - № 6 - С.862-867.
155. Осадчих В.Ф. Бентос Северного Каспия в условиях зарегулирования стока р. Волги // *Зоологический журнал*. - 1963а. - Т. 42. - Вып. 2. - С. 184-196.
156. Осадчих В.Ф. Биологические и экологические особенности корофиид (*Corophium Latreille, 1806*) Северного Каспия. // *Труды КаспНИИРХа*. - Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ. - 1971. - Т. 26. - С. 100-115.
157. Осадчих В.Ф. Зообентос. Северный Каспий // *Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность*. - М.: Наука. - 1985. - С. 120-167.
158. Осадчих В.Ф. Роль вселенцев в бентосе Северного Каспия // *Зоологический журнал*. - 1963б. - Т. 42. - Вып. 7. - С. 900-1004.
159. Осадчих В.Ф. Сезонная динамика северокаспийских двустворчатых моллюсков. // *Труды КаспНИИРХ, том XXIII*. - Москва: Изд-во Пищевая промышленность, 1967. - С. 80-90.
160. Освоение шельфа арктических морей России. // *Материалы третьей международной конференции (23-26 сентября 1997 г.)*. – С.-Пб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 1997. – 496 с.
161. Островская Е.В., Колмыков Е.В., Холина О.И., Пронина Т.С., Войнова М.В. Углеводородное загрязнение северо-западной части Каспийского моря // *Юг России: экология, развитие*. - 2016. - Т.11. - №1. - С.137-148.
162. Островская Е.В., Асаева К.И., Коршенко А.Н., Самсонов Д.П., Колесникова Н.И., Кочетков А.И., Пантюхина А.Г. Загрязнение донных отложений северо-западной части Каспийского моря углеводородами и стойкими органическими загрязнителями // *Юг России: экология, развитие*. - 2014. - Т. 9. - № 4. - С. 129-131.
163. Островская Е.В., Асаева К.И., Самсонов Д.П., и др. Загрязненность донных отложений Российского сектора Недропользования Каспийского моря углеводородами и хлорорганическими соединениями // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2014. – № 12. – С. 45–49.
164. Островская Е.В., Зорникова О.И., Радованова И.Г., Чернышова Н.С. Загрязнение вод северо-западной части Каспийского моря углеводородами. // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*, 2013, №5. - С. 73-78.

165. Островская Е.В., Немировская И.А., Козина Н.В. Углеводороды во взвешенном веществе и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2016. Июнь. - С. 34-40.
166. Островская Е.В., Холина О.И., Асаева К.И., Калмыков Е.В. Проблема идентификации пленочных загрязнений в Каспийском море // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014 – № 12 – С. 13–16.
167. Павельева Л.Г., Зимакова И.Е., Комарова А.В., Голик Е.М. Некоторые аспекты влияния антропогенных загрязнений на осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна // Физиолого-биохимический статус Волго-Каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). - Рыбинск, 1990. - С.45-50.
168. Павлов Д.С., Катунин Д.Н., Алехина Р.П., Власенко А.Д., Дубинина В.Г., Сидорова М.А. Требования рыбного хозяйства к объему весенних попусков воды в дельту Волги // Рыбн. хоз. – 1989. № 9. – С. 29 – 31.
169. Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря. – М: Наука, 2005. – 356 с.
170. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 304 с.
171. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – 247 с.
172. Патин С.А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. - М.: ВНИРО. – 2008. – 507 с.
173. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – 350 с.
174. Полянинова А.А., Ардабьева А.Г., Татаринцева Т.А., Терлецкая О.В., Тарасова Л.И., Тиненкова Д.Х., Петренко Е.Л., Малиновская Л.В., Смирнова Л.В., Кочнева Л.А., Белова Л.Н., Лазарева Е.В., Кравченко Е.В., Молодцова А.И., Кашенцева Л.Н., Елизаренко М.М. Гидробиологическая характеристика условий нагула промысловых рыб в Каспийском море в 2000 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2000 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2001. - С.110-125.
175. Попова О.В., Хорошко В.И., Васильева Л.М. Об уровнях загрязненности вод Волго-Каспийского бассейна. // Сб. Биологические ресурсы Каспийского моря. – Астрахань, 1992. - С. 314-316.
176. Романкевич Е.А. Геохимия органического вещества в океане. - М.: Наука, 1977. - 256 с.

177. Романова Н.Н. Методические указания к изучению бентоса южных морей. – М.: ВНИРО, 1983. -13 с.
178. Романова Н.Н. О взаимоотношениях между *Cerastoderma lamarcki* и *Abra ovata* у западного побережья Среднего Каспия // Всесоюзное совещание по изучению моллюсков. Автореф. докл. Сборник 6. Л.: Наука, 1979.- С. 109-110.
179. Романова Н.Н. Распределение бентоса в Среднем и Южном Каспии // Зоологический журнал. - 1960. - Т.39. - Вып. 6. -С. 811-825.
180. Романова Н.Н. Способы питания и пищевые группировки донных беспозвоночных Северного Каспия // Труды. ВГБО. - 1963. - Т. 13. - С. 146-177.
181. Романова Н.Н., Осадчих В.Ф. Межгодовые изменения структуры донных биоценозов в Среднем и Южном Каспии // Первый конгр. ихтиологов России. Тезисы докл. - М.: Изд-во ВНИРО, 1997.- С. 455.
182. Романова Н.Н., Осадчих В.Ф. Современное состояние зообентоса Каспийского моря // Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. - М.: Наука, 1965. - С. 138-165.
183. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
184. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
185. Русловые процессы в дельте Волги./ Под. Ред. Н.И. Алексеевского. М.: Географический факультет МГУ, 1997. 165 с.: ил. (Геоэкология Прикаспия/ Гл. ред. Н.С. Касимов. Вып. 2).
186. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1997 год. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 1998. – 212 с.
187. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1998 год. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 1999. – 415 с.
188. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1999 год. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. – 376 с.
189. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2000 год. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2001. – 512 с.
190. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2001 год. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2002. – 630 с.
191. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2002 год. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2003. – 560 с.

192. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2004 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2005. - 616 с.
193. Рычагов Г.И. Уровенный режим Каспийского моря за последние 10000 лет // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. - 1993. - № 2. - С. 38-49.
194. Саенкова А.К. Новое в фауне Каспийского моря // Зоологический журнал. - 1956б - Т. 35. - Вып. 5. - С. 678-680.
195. Саенкова А.К. Сезонная динамика бентоса Северного Каспия. // Труды ВНИРО, том XV. - Астрахань, 1959. - С. 56-103.
196. Саенкова А.К. Сезонные изменения бентоса в зоне летнего откорма воблы в Волго-Каспийском районе. // Тр. ВНИРО, 1951. т.18. - С. 172-177.
197. Сборник материалов наблюдений по дельте Волги. - Ростов-на-Дону, 1967. - 394 с.
198. Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. - М.: МГУ, 1997. - 268 с.
199. Сидорова М.А. биология и формирование запасов леща Волго-Каспийского района в условиях зарегулированного стока Волги: Автореф. Дис. На соиск. уч. степ. канд. биол. наук. - М.: ВНИРО, 1981. - 25 с.
200. Сидорова М.А. Распространение леща (*Abramis brama orientalis* В) в Северном Каспии. // Тр. КаспНИРХ. - 1971. - Т. 26. - С. 162 - 167.
201. Сидорова М.А., Алехина Р.П. Динамика численности волго-каспийского леща // Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2001. - С. 280 - 293.
202. Сидорова М.А., Ветлугина Т.А., Чернявский В.И., Гришина Г.А. Современное состояние численности полупроходных и туводных рыб Волго - Каспийского района и их промысловое использование // Охрана и воспроизводство рыбных запасов бассейна Каспийского моря. Сборник научных трудов. - М., ОНТИ ВНИРО, 1986. - С. 37 - 46.
203. Сидорова М.А., Кушнарченко А.И. Состояние запасов полупроходных и речных рыб Волго-Каспийского бассейна // I конгресс ихтиологов России: Тез. докл. (Астрахань, сент. 1997 г.) - М., ВНИРО, 1997. - С. 458.
204. Сидорова М.А., Кушнарченко А.И., Чернявский В.И., Кряжев А.И., Водовская В.В., Сокольский А.Ф., Белоголова Л.А., Алехина Р.П., Коротенко Т.М., Ермилова Л.С., Ветлугина Т.А., Родионова О.В., Ткач В.Н., Кузнецов Ю.А. Состояние запасов полупроходных, речных рыб, проходной сельди и белорыбицы в 1998 г. И прогноз их добычи на 2000г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1998 год. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 1999. - С.120 - 132.

- 205.Симонов А.И. Гидрология и гидрохимия вод устьевого взморья в моря без приливов - М: Гидрометеоздат, 1969 - 230 с.
- 206.Скриптунов Н.А. Гидрология предустьевого взморья Волги - М: Гидрометеоздат, 1958 - 143 с.
- 207.Скриптунов Н.А. Изменения солености воды в юго-западной части Северного Каспия. // Тр. ГОИН. – 1962. - Вып. 66.- С. 80-95.
- 208.Современное состояние и факторы, определяющие биологическое и ландшафтное разнообразие Волжско–Каспийского региона России. / Абдурахманов Г.М., Карпюк М.И., Морозов Б.Н., Пузанченко Ю.Г. – М.: Наука, 2002. – 416 с.
- 209.Сокольский А.Ф. Камакин А.М. Распределение гребневика *Mnemiopsis* sp. в Каспийском море в 2001 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2001 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2002. - С.100-106.
- 210.Сокольский А.Ф. Камакин А.М. Распространение гребневика мнемипсиса в Каспийском море в 2003 г. и его воздействие на окружающую среду. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2003 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2004. - С.183-191.
- 211.Сокольский А.Ф., Полянинова А.А., Ардабьева А.Г., Кочнева Л.А., Курашова Е.К., Малиновская М.В., Петренко Е.Л., Тарасова Л.И., Татаринцева Т.А., Смирнова Л.В., Терлецкая О.В., Тиненкова Д.Х. Состояние кормовой продуктивности Каспийского моря. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2001 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2002. - С.124-136.
- 212.Сокольский А.Ф., Попова Н.В., Колмыков Е.В., Курапов А.А. Биоэкологические основы и практические результаты разработки системы защиты биологического разнообразия Каспийского моря от нефтяного загрязнения. – Астрахань, 2005. – 128 с.
- 213.Сокольский А.Ф., Шиганова Т.А., Зыков ЛА. Биологическое загрязнение Каспийского моря гребневиком *Mnemiopsis* и первые результаты его воздействия на пелагическую экосистему. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2000 г. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2002. - С. 105-109.
- 214.Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2001. - 409 с.

215. Спасский Н.Н. Основные пути изменения бентоса северного Каспия с 1940 по 1944 г. // Труды ВНИРО. Доклады. Вып. №6. - М.: ВНИРО, 1947. - С.7-13.
216. Стогова Л.Л. Водная растительность акватории северной части Каспийского моря в пределах казахстанского побережья и ее современное состояние. // Материалы I международной научно-практической конференции "Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтяных месторождений" (16-18 февраля 2005 г., г.Астрахань). - Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 2005. - 260 с.
217. Сытник Ю.М., Арутюнова Н.В., Евтушенко Н.Ю. Тяжелые металлы в осетровых рыбах Каспия.// Проблемы изучения, охраны и рационального использования природных ресурсов Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волги. - Астрахань, 1989. - С. 97-98.
218. Танасийчук В.С. Динамика численности промысловых рыб // Тр. ВНИРО. – 1952. – Т. XXI. – С.195 - 112.
219. Танасийчук В.С. Закономерности формирования численности некоторых каспийских рыб // Тр. КаспНИРО. – 1957. – Т. XIII. – С. 3-77.
220. Танасийчук Н.П. Промысловые рыбы Волго-Каспия. - М.: Пищепромиздат, 1951. - 88 с.
221. Танасийчук Н.П. Лещ Северного Каспия: Распределение, изменение возрастного состава, влияние промысла на состав популяции // Тр. КаспНИИРХ. - 1959. - Т. 15. - С. 3-38.
222. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеяд // Вест. Ленингр. ун-та. Серия биол. - 1959. - № 9. - Вып. 2. - С. 137-141.
223. Тимофеев Н.А. Влияние абиотических условий на многолетние изменения фитопланктона Северного Каспия. // Тр. ВНИРО. – 1971. - Т. 36. - Вып. 6. - С. 26-41.
224. Тимофеев Н.А. О влиянии абиотических условий на ежегодные и многолетние изменения биомассы бентоса Северного Каспия. - М.: ОНТИ-ВНИРО, 1973. - 29 с.
225. Тимофеев Н.А. О влиянии абиотических условий на зоопланктон Северного Каспия. // Тр. ВНИРО. – 1972. - Т. 87/7. - С. 51-58.
226. Умербаева Р.И., Попова Н.В. Содержание углеводов в органах и тканях рыб, обитающих на лицензионном участке ООО «Каспийская нефтяная компания» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2014. - № 12. - С. 55–58.
227. Ушивцев В. Б., Галактионова М. Л., Ушивцев В. В. Особенности

- донных биоценозов, возникающих в местах расположения ликвидированных скважин // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2011. - № 10. - С.63-67.
228. Ушивцев В.Б., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л. и др. Опыт исследования устьев ликвидированных поисково-разведочных скважин в Каспийском море // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. - № 5. – С. 37-44.
229. Ушивцев В.Б., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л., Курапов А.А., Монахов С.К. Экологические и экономические предпосылки к созданию на акватории Северного Каспия искусственных рифовых зон // «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». – 2008. - № 5. – С. 78-83.
230. Федосов М.В. Взвешенное вещество в Северном Каспии. // Метеорология и гидрология. – 1989. - №3. - С. 83-94.
231. Фильчаков В.А. Современное состояние донной фауны (макрозообентос) водоемов низовьев дельты Волги. // Материалы Отчетной сессии научного отдела Астраханского Госзаповедника за 1986-1990 гг. – Астрахань, 1991. - С. 18-20.
232. Чиженкова О.В., Камакин А.М. Зайцев В.Ф. Особенности распределения видов вселенцев северной части Каспийского моря // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. - 2010. - № 1. - С. 66 – 68.
233. Чугунов Н.Л. Биология молоди промысловых рыб Волго-Каспийского района // Тр. Астраханской ихтиологической лаборатории, - 1928. - Т. 6, вып. 4. - 282 с.
234. Шалапенок Е.С., Буга С.В. Практикум по зоологии беспозвоночных Учебное пособие. – Минск: Новое знание, 2002. – 272 с.
235. Шапоренко С.И. Загрязнение прибрежных морских вод России // Водные ресурсы, 1997. - Т. 24. - № 3. - С. 320-327
236. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - С. 302.
237. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - С. 334.
238. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
239. Шорыгин А.А. Изменение количества и состава бентоса Северного Каспия в 1935-1940 гг. – Зоол. Журнал. – 1945. - Т. 24. - Вып. 3. – С. 147-160.

- 240.Шорыгин А.А. О биоценозах // Бюлл. МОИП, отдел биологии. – 1955. - Т. 60. - Вып. 6.- С. 87-98.
- 241.Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. - М.: Пищепромиздат, 1952. - 268 с.
- 242.Шурова Н.М. Проблемы и перспективы изучения фауны малощетинковых червей (Oligochaeta) Черного моря. Экология моря. – 2003. - Вып. 63.
- 243.Экологическая политика ОАО «ЛУКОЙЛ» на Каспийском море. Том 2. Охрана окружающей среды при поиске, разведке и добыче углеводородного сырья в северной части Каспийского моря / Отв. ред. Монахов С.К., Селезнев В.А. - Астрахань, 2003 – 256 с.
- 244.Экологическая политика ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». [Электронный ресурс] URL: http://www.nvn.lukoil.com/main/static.asp?art_id=743.
- 245.Экологические мониторинговые исследование на лицензионном участке «Северный» ООО «Лукойл-Нижневолжскнефть» (1997-2006 гг.) – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2007. – 432 с.
- 246.Экология молоди и проблемы воспроизводства каспийских рыб: Сборник научных трудов. - М.: Изд-во ВНИРО, 2001. - 311 с.
- 247.Яблонская Е.А. Водная взвесь как пищевой материал для организмов бентоса Каспийского моря. // Труды ВНИРО. Т. LXV. - М.: Пищевая промышленность, 1969. - С. 85-147.
- 248.Яблонская Е.А. Исследование трофических связей в донных сообществах южных морей// Ресурсы биосферы: (Итоги сов. исследований по международной биологической программе). - Л.: Наука. - 1976. - Вып. 2. - С. 117-144.
- 249.Яблонская Е.А. Многолетние изменения биомассы разных трофических групп бентоса Северного Каспия. Биологическая продуктивность Каспийского моря. // Труды ВНИРО. Т. CVIII. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - С. 50-64.
- 250.Яблонская Е.А. Питание *Nereis succinea* в Каспийском море. Акклиматизация nereis в каспийском море. – М.: МОИП, 1952. – С. 285-351.
- 251.Яблонская Е.А. Питание донных беспозвоночных и трофическая структура бентоса морей Каспийского, Азовского и Аральского. - М., 1971б. - 146 с.

252. Яблонская Е.А., Зайцев А.И. Современное состояние и проблемы повышения биологической продуктивности Каспийского моря // Водные ресурсы. - 1979. - Вып. 1. - С. 41-50.
253. Яблонская Е.А., Осадчих В.Ф. Изменение кормовой базы бентосоядных рыб Северного Каспия // Труды ВНИРО. - 1973. - Т. 80. - С. 48-73.
254. Яблонская Е.А., Осадчих В.Ф., Винецкая Н.И. Кормовая база рыб Каспийского моря // Тр. ВНИРО. - 1975. - Т. 58. - С. 81-97.
255. Якубов Ш.А., Суворова Т.Ф., Яковлев А.Ф., Терлецкий В.П., Якубова Д.Ш. Рациональное природопользование на Волго-Каспии // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сборник трудов. Экология. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2002. - 160 с.
256. Яновский Э.Г. Результаты учета молоди воблы, леща и судака в Северном Каспии в период зарегулированного стока Волги // Тр. ВНИРО. - 1972. - Т. 83. - С.204-211.
257. Ястребов А.Б. Методы изучения мозаичности растительного покрова с применением ЭВМ. - Л.: ЛГУ, 1991. - 200 с.
258. Azovsky A.I., Chertoprood E.S., Saburova M.A., et al. Spatio-temporal variability of micro- and meiobenthic communities in a White Sea intertidal sandflat // Estuarine, Coastal and Shelf Science. - 2004. - Vol. 60. - P. 663-671.
259. Azovsky A.I., Chertoprood M.V., Kucheruk N.V., et al. Fractal properties of spatial distribution of intertidal benthic communities // Marine Biology. - 2000. - Vol. 136. - P. 581-590.
260. Baine M. The North Sea rigs-to-reefs debate. ICES Journal of Marine Science. 2002, v. 59, pp. S277-S280.
261. BP Annual Report and Accounts. - BP, 2009. - 189 p.
262. Caspian Sea: State of Environment (SoE), 2010. - CEP & GREED Arendal, 2011. - 109 p.
263. Davis N., VanBlaricom G.R., Dayton P.K. Man-Made Structures on Marine Sediments: Effects on Adjacent Benthic Communities. Marine Biology. 1982, v. 70, pp. 295-303.
264. Holbrook, S. J., R. F. Ambrose, L. Botsford et al. Report to the University of California Marine Council by the Select Scientific Advisory Committee on Decommissioning. University of California. 2000, 41 p.
265. Jorgensen D. OSPAR's exclusion of rigs-to-reefs in the North Sea. Ocean and Coastal Management. 2012, v. 58, pp. 57-61.

266. Long-term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development. / D.F. Boesch, N.N. Rabalais, eds. – NY: CRC Press, Taylor & Francis Group. – 1987. – 720 p.
267. Macreadie P.I., Fowler A.M., Booth D.J. Rigs-to-reefs: will the deep sea benefit from artificial habitat? *Front Ecol. Environ.* 2011, v.9, Issue 8, pp. 455–461.
268. Meire P.M., Dereu J. Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal macro-zoo-benthos and bird communities // *J. Appl. Ecol.* 1990, v. 27, № 1, pp. 210–223.
269. NAS (National Academy of Sciences). Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. – Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. - 265 p.
270. OGP. Offshore Environmental Monitoring for the Oil & Gas Industry. Report No. 457. 2012, 32 p.
271. Olsgard F., Gray J.S. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 1995. – Vol. 122. – P. 277–306.
272. Purcell J. E., Shiganova T.A., Decker M. B., Houde E. D. The ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in native and exotic habitats: U. S. estuaries versus the Black Sea basin In "Hydrobiologia" Kluwer Ac.Pub. 2001. - 451: 145-176.
273. Schroeder D.M., Love M.S. Ecological and political issues surrounding decommissioning of offshore oil facilities in the Southern California Bight. *Ocean & Coastal Management.* 2004, v. 47, pp. 21–48.
274. Shiganova T.A., Kamakin A.M., Ushivtzev V.B., Zhukova O. New Invasion of ctenophore *Mnemiopsis* in the Caspian Sea. *Oceanology*, 2001 №4: 542-549.
275. Techera E.J., Chandler J. Offshore Installations, Decommissioning and Artificial Reefs: Do Current Legal Frameworks Best Serve the Marine Environment? *Marine Policy.* 2015, v. 59., pp. 53-60.
276. Voinova M., Monakhova G., Tatarnikov V. Environmental monitoring of the Caspian Sea area adjacent to the Russian Federation territory. Materials of the 8th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 07). Volume 1. Egypt, Alexandria, 13-17 November, 2007. - P.735-740.

ЛИТЕРАТУРА

277. Warwick R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities // *Marine Biology*. 1986, v. 92, pp. 557–562.
278. Warwick R. M., Pearson T. H., Ruswahyuni. Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method // *Marine Biology*. 1987, v. 95, pp. 193–200.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Ответственные редакторы:
доктор биологических наук А.А. Курапов
кандидат географических наук Е.В. Островская

Издатель: Сорокин Роман Васильевич
414040, Астрахань, пл. К. Маркса, 33, 5 этаж

Подписано в печать 29.11.2016 г. Формат JIS B5
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 15,1
Тираж 300 экз.

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии
(ИП Сорокин Роман Васильевич)
414040, Астрахань, пл. К. Маркса, 33, 5 этаж
Тел./факс (8512) 54-00-11
e-mail: RomanSorokin@list.ru