

**Российская академия наук  
Институт водных проблем  
Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова**

**Н.Н. Митина, Б.М. Малашенков,  
Л.А. Телитченко**

**ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ  
СЕВЕРНОГО КАСПИЯ:  
СТРУКТУРА, ГИДРОЭКОЛОГИЯ,  
ОХРАНА**

**Ответственный редактор  
член-корреспондент РАН В.И. Данилов-Данильян**

**Рецензенты:  
Доктор географических наук А.А. Тишков  
Доктор технических наук М.В. Болгов**

**Москва 2016**

**Russian Academy of Sciences  
Institute of Water Problems  
Lomonosov Moscow State University**

**N.N. Mitina, B.M. Malashenkov,  
L.A. Telitchenko**

**SUBAQUATIC LANDSCAPES  
of the NORTHERN CASPIAN SEA:  
STRUCTURE, HYDROECOLOGY,  
PROTECTION**

**Moscow 2016**

УДК 910:551.351 + 910:551.46

**Митина Н.Н., Малашенков Б.М., Телитченко Л.А. ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ: СТРУКТУРА, ГИДРОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА. М.: ИВП РАН, Изд-во ФГУП «Типография Россельхозакадемии», 2016. - 215 с.**

Объем: 15 п.л.

Ответственный редактор:

**Данилов-Данильян В.И.** — член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Института водных проблем Российской академии наук

Рецензенты:

**Тишков А.А.** — доктор географических наук, профессор, заместитель директора ФГБУН Института географии Российской академии наук

**Болгов М.В.** — доктор технических наук, заведующий лабораторией ФГБУН Института водных проблем Российской академии наук

#### Аннотация

Книга посвящена исследованию механизмов переформирования подводных ландшафтов при антропогенном воздействии. Обосновываются принципы районирования и классификации подводных ландшафтов морей с использованием количественных методов. Формируется представление об основных гидроэкологических факторах формирования подводных ландшафтов и приводятся оригинальные данные об их изменчивости при антропогенных нагрузках. Применяются методологии комплексного обоснования размещения особо охраняемых природных акваторий (ООПА) на акватории Северного Каспия. Показано, что научной основой для обоснования ООПА является комплексное ландшафтное районирование и картографирование, с учетом оценки их природно-ресурсного потенциала, процессов деградации и способах восстановления.

Для географов, биологов, экологов, специалистов в области водного хозяйства.

ISBN 978-5-906592-56-9

© Митина Н.Н., Малашенков Б.М., Телитченко Л.А., 2016

**Mitina N.N., Malashenkov B.M., Telitchenko L.A. SUBAQUATIC LANDSCAPES of the NORTHERN CASPIAN SEA: STRUCTURE, HYDROECOLOGY, PROTECTION. M.: IWP RAS. Publishing Company “Tipografia Rossel’hozacademia”, 2016. - 215 p.**

The editor-in-chief

**Danilov-Danilyan V. I.** - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Directory, Institute of Water Problems Russian Academy of Sciences

The summary

The book is devoted research of mechanisms of rearrangement of underwater landscapes at anthropogenesis influence. The subaquatic landscapes of the seas classification and geographical zoning is based on quantitative methods. Representation about the cores landscape-forming factors of underwater landscapes is formed and original data of their variability is cited at anthropogenic loadings. Methodology of a complex evaluation of the marine protected areas (MPA) distribution in the Northern Caspian sea basin has been presented for the first time. The subaquatic landscapes of the seas classification and mapping, taking into account its natural resource potential and dynamics under the human pressure – could be necessary scientific base for MPA network distribution.

For geographers, biologists, ecologists, experts in the field of a water and marine management. For geographers, biologists, ecologists, experts in the field of a water and marine management.

# СТРУКТУРА, ГИДРОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время изучение региональных особенностей подводных ландшафтов морей и океанов приобретает особое значение в связи с их изменением при загрязнении и активном хозяйственном освоении, поэтому актуальность работы определяется возрастающей интенсивностью антропогенного воздействия на уникальные экосистемы северной части Каспийского моря, которые обладают значительными биологическими и минерально—сырьевыми ресурсами.

Целью настоящей работы является изучение гидроэкологических особенностей структуры и функционирования донных природных комплексов (ДПК) северного региона Каспийского моря, включающие устьевые области рек Волга, Урал, Терек, Кума, Сулак. Выбор этого объекта во многом объясняется разнообразием природных условий и уникальными сообществами гидробионтов, включая ценнейшие виды промысловых рыб. Исследования охватывали акваторию от дельты Волги до линии, соединяющей мыс Бурун на западном берегу моря и мыс Сегенды на восточном берегу, приводится их классификация, оценка частного природно-ресурсного потенциала и рекомендации по рациональному хозяйственному использованию.

В естественной среде водоема чрезвычайно сложно отделить воздействие на его экосистему одного антропогенного фактора от другого, тем более оценить роль каждого из них в изменении природного комплекса, а также определить значимость каждого подводного ландшафта в формировании природных ресурсов и сохранении данной экосистемы. В связи с этим, представляется необходимым поиск как эффективных методов оценки ДПК при разноплановом антропогенном воздействии, так и обоснование возможностей рационального использования их ресурсов.

Теоретические основы подводного ландшафтоведения, как направления в физической географии океана, были заложены в начале XX века. С.А. Зернов [1913] употребил термин «фация» для обозначения участков дна однородных по природным условиям и заселенных характерными сообществами морских организмов. Л.С. Берг в 1924 г. теоретически обосновал понятие подводного ландшафта - он предложил для морских объектов название «мершафт» как морской подводный аналог ландшафта суши. Факт существования подводных ландшафтов был признан и в работах географов XX столетия. Стало нормой как к морским, так и к наземным природным комплексам употребление названия «ландшафт». В работе К.М. Петрова [1989] выделены три этапа развития морского ландшафтоведения:

На первом этапе (конец 40-х - начало 50-х годов XX века) – рассматривались вопросы выделения морских ландшафтов, проводился анализ

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

факторов, определяющих их формирование. Эти работы тесно связаны с именами С.П. Хромова, Д.Г. Панова, А.В. Живаго и других исследователей. С.П. Хромов в 1949 г. пишет: «Морской ландшафт вряд ли обладает меньшей определенностью, чем ландшафт суши. Важнейшие элементы, его образующие, — это, очевидно, подстилающая поверхность моря с его термикой, окраской, волнением, течениями, захватывающими поверхностные воды, с плавающими льдами, айсбергами, коралловыми рифами, малыми островами и т.д.; это климат, фауна и флора (плавучие водоросли) поверхностных вод и, наконец, такое проявление деятельности человека, как навигация. Конечно, это комплекс иной, чем на суше, но важно то, что это комплекс вполне аналогичный ландшафту суши по своему единству и по взаимодействию составляющих его элементов». Д.Г. Панов [1950] классифицирует подводные донные ландшафты и выделяет геоморфологические зоны на дне Мирового океана: прибрежную, материковое мелководье, материковый склон, океанические бассейны и океанические горные страны. А.В. Живаго [1951] предлагает определение подводного ландшафта: «Подводный ландшафт — это участок морского или океанического дна и прилегающей к нему водной оболочки, в пределах которой наблюдаются специфические, закономерно связанные и взаимообусловленные комплексы форм донного рельефа со свойственными им геологическим строением дна, физико-химическими характеристиками водной массы и формами жизни». На первом Всесоюзном совещании по ландшафтоведению в г. Ленинграде было отмечено, что водные объекты «...должны быть подвергнуты ландшафтным исследованиям, так же как исследуются части суши». Имелось в виду выделение и исследование однородных частей водоемов. [Шведе, 1955]. Эти работы предвосхитили К.М. Дерюгин [1915] и С.А. Зернов [1934], определив подводную фацию как комбинацию определенного типа грунта с комплексом животных и растений, рассматриваемым как биоценоз. Д.В. Наливкин [1956] уточнял, что нельзя рассматривать фацию, биоценоз и биотоп как равнозначные понятия, так как фация включает в себя биоценоз, биотоп и осадочную породу.

На втором этапе (конец 1950-х — 1960-е годы) — появляются первые труды по описанию и картографированию конкретных морских ландшафтов Г.У. Линдберга [Линдберг и др., 1956] и Я.Я. Гаккеля [1957], составлению карт подводных ландшафтов Е.Ф. Гурьяновой [1959], первые исследования морфологии подводных ландшафтов морских мелководий, а также работы, посвященные теории и методике подводных ландшафтных исследований К.М. Петрова [1960]. Е.Ф. Гурьянова среди подводных ландшафтов, в силу закона вертикальной зональности, предлагает выделять четыре системы ландшафтов с их подразделениями: «для осушной зоны, материковой отмели, батиали и абиссали, т.е. для каждой

из крупных вертикальных зон моря, так как закономерности каждой из них различны, а границы подразделения одной зоны не совпадают с границами подразделений каждой из других зон». Д.Г. Панов [1966] пишет о том, что: «Подводным ландшафтом будем называть часть поверхности дна моря или океана, природа которого, подобно ландшафту на поверхности суши, имеет определенный характер, отличающий один ландшафт от другого. Если наземные ландшафты развиваются в пограничной области земного шара, на поверхности раздела атмосферы и литосферы, то подводные ландшафты развиваются в пограничной среде на разделе между гидросферой и литосферой». В 1950-1960-х годах в журнале «Известия Всесоюзного географического общества» были напечатаны результаты исследований конкретных морских ландшафтов: статьи Е.Ф. Гурьяновой, В.Н. Купецкого, Д.Г. Панова, К.М. Петрова и др. высказана необходимость учета природных закономерностей, выявленных на суше, при районировании Мирового океана, а также предлагаются новые методы морских ландшафтных исследований - подводное картографирование на основе дешифрирования аэрофотоснимков морских мелководий. В 1960 г. вопрос о районировании Мирового океана обсуждается на навигационной секции Океанографической комиссии Академии наук СССР, где было высказано мнение о необходимости дробного географического районирования Мирового океана с целью охарактеризовать навигационную обстановку каждого из естественных районов морей и океанов. Н.А. Солнцев в 1969 г. писал о том, что: «Намечающаяся новая отрасль природной географии — наука о природных водных комплексах — несомненно, породит ряд новых понятий и, следовательно, потребует специальных терминов для их обозначения». Н.А. Солнцев [1969] показал, что «каждая водная масса действительно предстает перед нами как природный комплекс, в котором биотические и абиотические компоненты теснейшим образом взаимосвязаны и может быть назван природным аквальным комплексом».

Третий этап (1970 - 1980-е годы) — период расцвета океанологических изысканий, появление новых теоретических и практических исследований подводных ландшафтов Мирового океана, когда происходит количественное увеличение ландшафтных работ на шельфе морей СССР. Публикуются монографии, учебники и статьи, посвященные вопросам географии и ландшафтного районирования Мирового океана [Леонтьев, 1974; 1982; Зенкевич, 1970; Беклемишев, 1973; Лымарев, 1978; Гембель, 1979; Плахотник, 1981; Богданов, 1978; Петров, 1971; 1974; 1975; Лымарев, 1978; Айзатулин, 1980; Преображенский, 1980, и др.]. В вопросе об определении понятия географического ландшафта Мирового океана возникают принципиальные разногласия. Некоторые исследователи рассматривали подводный ландшафт как участок дна моря или его поверхности, однако большинство считают ландшафт моря объемным понятием, выде-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ляя водные массы с их свойствами лишь как элемент океанического ландшафта. Помимо поверхностных (вода + атмосфера) и донных (вода + дно) ряд исследователей выделяет внутриводные (абиссальные) ландшафты, заполняющие всю основную толщу вод океана. С другой стороны, многие рассматривают водные массы как полные природные комплексы морей и океанов, третьи считают, что водная масса является неполным природным комплексом, поскольку в нем не представлена земная кора, а полным является природный комплекс дна моря с прилегающей к нему водной массой [Шилькрот, 1970; Солнцев, 1978]. В 1980-1990-х годах появляются новые теоретические исследования, отражающие современный уровень науки о ландшафтах Мирового океана [Петров, 1979; 1985; 1989; 1999; 2004; Марков, 1990; Преображенский, 1984; 1989; Гершанович, Федоров, 1985; и др.]. Дальнейшее развитие получает ландшафтно-экологическое направление исследований Мирового океана, активно исследуется роль эколого-географических факторов в биогеографической регионализации океана.

С 1990-х годов нами выделяется четвертый этап исследований подводных ландшафтов моря. С этого времени появляются новые научные направления, например, ландшафтная бионимия моря [Петров, 1999; 2004; 2008], разрабатываются методические подходы к изучению структуры подводных ландшафтов с использованием количественных методов [Митина, 1996; 1998], их устойчивости и изменчивости, а также стабилизирующей роли их отдельных компонентов при антропогенных нагрузках [Митина, 2003; 2005; 2006; Митина, Малашенков, 2006; 2009; Митина, Малашенков, Телитченко, 2007; Митина, Чуприна, 2012], исследуются основы управления морскими экосистемами на основе эколого-географической паспортизации и экспертизы [Преображенский, 2000; 2006], проводится экологическая диагностика и оценка динамики акваторий [Беспалова, 2006; 2007].

Концептуальной основой данной работы является комплексный междисциплинарный подход, рассматривающий морские мелководья как экотонную зону, расположенную на границе сопряжения «вода – суша», «морские воды – пресные воды», включающую взаимозависимые и взаимодействующие компоненты ландшафтов материка, берега и моря. Морские мелководья – это область активного взаимодействия суши и моря, охватывающая приливно-отливную зону и верхнюю часть внешнего шельфа, расположенная, как правило, в диапазоне глубин волнового поля, где, согласно теории волновых процессов, наиболее крупные штормовые волны, свойственные данному региону, создают при наиболее низком уровне моря придонные скорости, достаточные для перемещения наносов или для размыва коренного дна. В случае высокой прозрачности вод и слабого волнения нижняя граница морских мелководий совпадает с границей

проникновения солнечного света и возможностью существования фитобентоса [Митина, 2005].

Ландшафтное районирование является важной составной частью природоохранной деятельности, так как в пределах однородных по природным свойствам территорий и акваторий можно ожидать адекватный отклик на какое-либо антропогенное вмешательство и, соответственно, планировать однотипные природоохранные действия.

Под устойчивостью ландшафта понимается его способность сохранять на фоне изменений и антропогенных нагрузок постоянную свою внутреннюю структуру: набор и взаимодействие составляющих его компонентов, посредством изменения отдельных параметров которых компенсируются последствия, возникающие под влиянием внедрения в ландшафт новых элементов различного происхождения [Митина, 2005].

По мнению академика С.А. Зернова [1945], сложившиеся в процессе исследования гидробиологии Каспийского моря условия, благоприятные для промысловых рыб, как правило, благоприятны и для всего биоценоза. В связи с этим, критерием устойчивого развития данных ДПК нами принимается благополучное существование популяции осетровых рыб, как долгоживущих промысловых представителей ихтиофауны, находящихся на верхнем уровне трофической цепи внутриводной экосистемы Каспийского моря, популяция которых в настоящее время испытывает сильное антропогенное воздействие [Митина, Малашенков, Телитченко, 2007; 2008; Митина, Малашенков, 2009].

Одним из способов сохранения донных природных комплексов в состоянии устойчивости является его эксплуатация с учетом природно-ресурсного потенциала. Под природно-ресурсным потенциалом понимается совокупность геолого-геоморфологических, гидро-климатических, биологических ресурсов ландшафта, которую можно вовлечь в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения функционирования ландшафта в состоянии устойчивости, и как следствие, сохранения его способности к воспроизводству биологических ресурсов [Митина, 2005]. Каждый крупный природный объект обладает уникальным набором свойств, определяющих его частные природно-ресурсные потенциалы. Различные донные природные комплексы имеют разное значение для нереста, нагула и зимовки популяции осетровых рыб, и в связи с уникальностью экосистемы Каспийского моря, каждый из участков акватории одинаково важен для нормального функционирования популяции. Разработанная методика оценки частного природно-ресурсного потенциала ДПК северного региона Каспийского моря по ихтиологическим показателям позволяет на количественном уровне выявить значимость каждого ДПК для сохранения экосистемы моря [Малашенков, 2010].

## **ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

За последние 150 лет северный регион Каспийского моря подвергается разнообразным антропогенным воздействиям, глобальным и региональным климатическим изменениям, которые не могли не оказывать влияния на состояние его экосистемы, при этом изменчивость подводных комплексов при антропогенных нагрузках и внешних воздействиях в количественном отношении исследованы недостаточно. Для того, чтобы выявить степень влияния антропогенных факторов на экосистему Каспия, представлены результаты количественной оценки взаимозависимости изменения уровня Каспийского моря и ряда климатических, гидрологических, гидрохимических и биологических показателей природной среды региона [Митина, Малашенков, 2013].

Применение предложенных методов позволило проанализировать гидроэкологическую ситуацию, сложившуюся в различных природных комплексах исследуемой акватории и выявить факторы, характеризующие их чувствительность к антропогенному воздействию и природным изменениям. Разработанные методические подходы могут быть использованы для установления критериев устойчивого состояния экосистем крупных водоемов, в том числе, окраинных морей, путем определения и оценки факторов, характеризующих основные особенности функционирования конкретной экосистемы по степени их значимости.

## ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРНОГО РЕГИОНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

### 1.1. Географическое положение и основные морфометрические характеристики

Каспийское море - крупнейший в мире внутренний бессточный водоем, расположенный в средних широтах Северного полушария в пределах обширной материковой депрессии на границе Европы и Азии. Географические координаты крайних точек акватории Каспийского моря (без залива Кара-Богаз-Гол): на севере –  $47^{\circ} 07'$  с.ш., на юге –  $36^{\circ} 33'$  с.ш., на западе –  $46^{\circ} 43'$  в.д. и на востоке –  $54^{\circ} 03'$  в.д. [Каспийское море..., 1986; Гидрометеорология и гидрохимия ..., 1992]. Наибольшая протяженность моря с севера на юг составляет ~1200 км, а ширина - до 320 км [Каспийское море..., 1987]. Протяженность береговой линии равна приблизительно 7000 км [Глумов и др., 2004]. Площадь поверхности моря по разным оценкам - от 378 тыс. до 390 тыс. км<sup>2</sup> [Экологическая политика..., 2000]. Объем водных масс – ~ 78 тыс. км<sup>3</sup>. Площадь водосборного бассейна - ~ 3,1 млн. км<sup>2</sup> [Панин и др., 2005; Глумов и др., 2004]. В Каспийское море впадает около 130 рек и ни одна из него не вытекает [Гидрометеорология и гидрохимия ..., 1992]. Положение уровня моря подвержено значительным колебаниям, амплитуда которых за последние 160 лет составила около 3,5 м [Лебедев, Костяной, 2005]. Самый низкий уровень за последние 400-500 лет наблюдался в 1977 г. (-29 м БСВ) [Гидрометеорология и гидрохимия ..., 1992]. К середине 1995 г., уровень вырос на 2,5 м, после чего стал медленно снижаться до зимы 2001-2002 гг., когда был достигнут уровень 27,3 м БСВ [Лебедев, Костяной, 2005].

Исходя из физико-географических особенностей, Каспийское море принято делить на три части: Северную, Среднюю и Южную. За условную границу между Северным и Средним Каспием принимают линию, соединяющую о-в Чечень с м. Тюб-Караган, где природной границей выступает Мангышлакский порог, протягивающийся в виде мелководья (глубины до 10 м) (рис. 1.1) от п-ова Тюб-Караган к банке Кулалинской и далее на запад к о-ву Чечень. Границей между Средним и Южным Каспием проводят по линии о-в Жилой – м. Кули, а природной границей считают Апшеронский порог (наибольшие глубины 140-150 м), идущий от п-ова Апшеронский к п-ову Челекен.

В целях обоснования выделения и иерархического соподчинения ДПК различного ранга необходим покомпонентный анализ природных

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

условий изучаемого региона Каспийского моря с привлечением литературных и фондовых данных. Основными компонентами, составляющими донные природные комплексы морских мелководий являются геолого-геоморфологическое строение дна моря, литология донных отложений, гидрология, гидродинамика и гидрохимия водных масс, биологические сообщества.

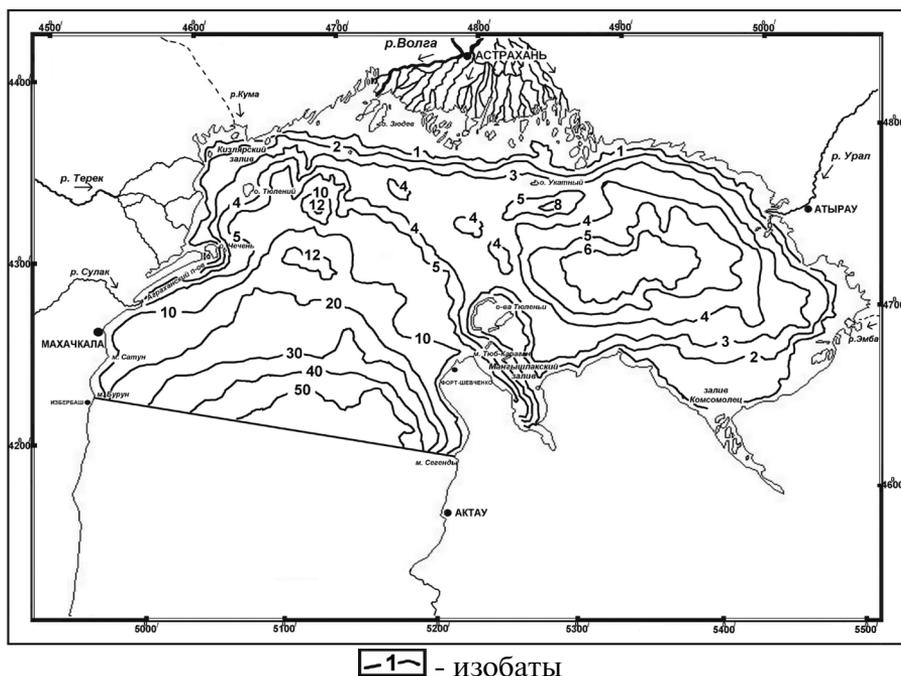


Рис. 1.1. Батиметрическая схема исследуемого региона

### 1.2. Геологическое строение

Северная часть Каспийского моря представляет собой окраину Прикаспийской синеклизы, являющейся обрамлением докембрийской Восточно-Европейской платформы [Алиханов, 1978; Багир-Заде, 1988; Каспийское море..., 1987]. Мангышлакский порог структурно связан с герцинидами: погребённым валом Карпинского на западном берегу моря и с горами Мангышлака на восточном. Дно Среднего Каспия имеет гетерогенную структуру. Его восточная часть — погруженный участок эпигерцинской Туранской платформы; Дербентская впадина, а также западные участки шельфа и материкового склона — краевой прогиб альпийской геосинклинали Большого Кавказа. Апшеронский порог соответствует одному из ответвлений новейших структур, сформировавшихся на погружении складчатых образований Большого Кавказа и соединяющих их с

горами Крыма. Южный Каспий характеризуется субокеаническим строением земной коры - здесь отсутствует гранитный слой, а под осадочным слоем мощностью до 25 км (что указывает на большую древность впадины Южного Каспия) залегает базальтовый слой мощностью до 15 км [Каспийское море..., 1987]. Каспий как морской бассейн на протяжении своей геологической истории неоднократно объединялся с Азово-Чёрноморским бассейном. После раннехвалынской трансгрессии 20 тыс. лет назад эта связь прервалась, и Каспийское море окончательно превратилось в замкнутый водоём.

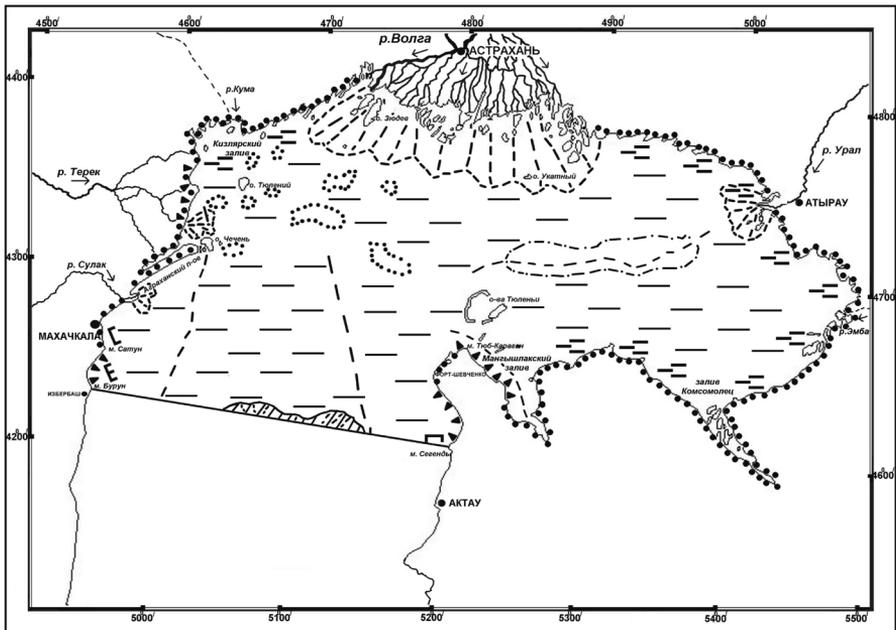
В геологическом строении ложа рассматриваемой акватории Каспийского моря принимают участие в основном верхнепалеозойские, мезозойские и кайнозойские образования [Алиханов, 1978; Лебедев др., 1973]. Нерасчлененные пермо-триасовые отложения, относящиеся к промежуточному комплексу, залегают на разновозрастном фундаменте с резким перерывом и угловым несогласием. Они установлены на территории обрамления Северного и Среднего Каспия и представлены карбонатно-терригенной толщей, сложенной доломитами, известняками с прослоями аргиллитов, алевролитов и песчаников [Багир-Заде, 1988].

Нижнетриасовые отложения сложены в нижней части песчано-конгломератовой и глинистой толщами с прослоями песчаников, а в верхней – карбонатно-терригенными или известково-глинистыми отложениями [Кленова и др., 1962]. Нижний и средний отделы юры сложены терригенными, а верхний - терригенно-карбонатными породами [Глумов и др., 2004]. Меловая система в акватории Каспия представлена обоими отделами: карбонатно-терригенным нижним и карбонатным верхним [Кленова и др., 1962]. Палеоцен-эоценовые отложения сложены песчано-аргиллитово-мергельными породами толщиной 180-300 м. Миоценовые отложения сложены песчано-глинистыми образованиями толщиной около 500-600 м на западном и 70-150 м на восточном обрамлениях Каспийского моря [Лебедев др., 1973]. Плиоценовые отложения в акватории Среднего Каспия сложены глинами с прослоями алевролитов в нижней части, а в верхней части – алевролитистых мергелей [Кленова и др., 1962]. Четвертичные образования широко распространены и представлены плейстоценовыми и голоценовыми осадками. На Северном Каспии они образованы преимущественно песками, глинами, суглинками и галькой и имеют мощность от нескольких десятков до нескольких сотен метров. В четвертичном периоде, в связи с чередованием на Восточно-Европейской равнине ледниковых и послеледниковых эпох, Каспийское море испытывало трансгрессии (бакинская, хазарская, хвалынская и новокаспийская) и регрессии, следы которых сохранились в виде террас на побережье моря и в стратиграфии древнекаспийских отложений.

В среднем и позднем палеозое в регионе Каспийского моря условия седиментации благоприятствовали накоплению и сохранению органического материала [Каспийское море..., 1987]. Благодаря этому в Каспийском море и примыкающей к нему 200-250 километровой приморской полосе расположено около 400 месторождений нефти, газа и конденсата. Из них около 100 месторождений относится к Прикаспийской впадине; до 170 — к районам Скифско-Туранской платформы [Глумов и др., 2004]. Основные объемы углеводородных залежей вмещают толщи: известняки среднего и верхнего карбона, в меньшей степени — терригенные и карбонатные комплексы девона — нижнего карбона; песчано-алевролитовые комплексы средней юры и нижнего мела [Алиханов, 1978; Багир-Заде, 1988]. Газогенерирующие толщи присутствуют в надсолевом разрезе — в триасовых и юрских отложениях [Багир-Заде, 1988, Каспийское море..., 1987]. Поднятия, обнаруженные в Северном Каспии в подсолевых отложениях, в настоящий момент являются крупнейшими нефтегазоносными объектами этой части моря. Это поднятия группы «Кашаган», группа поднятий «Жамбай Южный морской», поднятие «Курмангазы», поднятия «Ракушечное» и «Широтное», а также поднятие «Хвалынское». По состоянию на 2002 г. в акватории Каспийского моря учтено 436 локальных структур, из которых с разной степенью успеха разведано 79. По результатам бурения открыто 47 месторождений нефти и газа, включая морские продолжения береговых структур [Глумов и др., 2004].

### 1.3. Геоморфологическая характеристика

**Рельеф берега.** В рельефе береговой зоны Северной части Каспийского моря (Прикаспийская низменность и плато Мангышлак) широко распространены морские аккумулятивные террасы различных уровней хвалынских и новокаспийских трансгрессий, а также рельеф, созданный воздействием текучих вод: крупные речные долины (Волги, Урала) с комплексом террас и дельт хвалынского и хазарского возраста, древние и современные разливы менее крупных рек и временных водотоков, делювиально-пролювиальные равнины (рис. 1.2) [Леонтьев и др., 1977]. Также распространены эоловые типы рельефа, сформированные в результате развевания морских песчаных равнин различного возраста после ухода моря, а в редких случаях — аллювиальных равнин [Айбулатов, 2001]. Встречаются формы соляной тектоники: в пределах некоторых солянокупольных возвышенностей формируются карстовые образования. По характеру рельефа Прикаспийская низменность — слабоволнистая равнина со слабым уклоном на юго-восток, с массивами мелкобугристых и бугристых песков, местами развеваемых. Слагающие ее поверхность отложения представлены в основном глинами и суглинками, нередко переслаиваемыми песками.



Типы современных берегов:  - аккумулятивные;  - абразионные;  - абразионно-аккумулятивные. Зона шельфа:  - равнины прибрежной отмели;  - волнистые и наклонные шельфовые равнины; Формы и комплексы подводного рельефа:  - авандельты;  - ветровые осушки;  - ступенчатый бенч;  - грядовый бенч;  - крупные подводные аккумулятивные формы (банки);  - бороздины;  - речные долины и другие затопленные эрозионные формы, русла мутьевых потоков.

**Рис. 1.2. Геоморфологическая схема дна и тип берегов Каспийского моря**  
[Леонтьев и др., 1977; Панин, Мамедов и др., 2005]

Сулакская аллювиально-морская равнина ограничена со стороны моря плоской новокаспийской морской равниной, у самого берега окаймленной полосой дюнных форм. В ее пределах отмечены многочисленные следы блужданий речных потоков, разливы и более или менее значительные «острова» верхнехвалынской морской равнины [Леонтьев и др., 1977]. К северу от дельты Сулака расположена плоская морская равнина с пляжами, береговыми валами, лагунами, дюнами, участками болот.

Приморская часть дельты Терека представляет собой заболоченные низины (плавни), расчлененные многочисленными протоками и каналами с небольшими повышениями в виде гряд вдоль русел [Каспийское море, 1990]. В нижней части дельты встречаются песчаные дюны. Вдоль современного берега отмечается ряд песчаных, отчасти переветренных береговых аккумулятивных форм (косы).

Юго-западная часть Прикаспийской низменности представлена супесчаными и песчаными пространствами с широко распространен-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ными бугристо-грядовыми формами рельефа [Леонтьев и др., 1977]. Здесь выделяются несколько крупных массивов эоловых песков. Один из них располагается вдоль правого берега Волги, обширное поле эоловых образований находится также к северу от нижнего течения реки Кумы. Северо-западная часть побережья Каспийского моря, в целом плоская, местами волнистая равнина, она сложена песчано-глинистыми отложениями и полого наклонена к востоку [Леонтьев и др., 1977; Айбулатов, 2001]. Развита генетические типы морского (абразионно-аккумулятивного и аккумулятивного), флювиального (эрозионно-аккумулятивного) и эолового (дефляционно-аккумулятивного) рельефа. Особенность рельефа – бэровские бугры, образовавшиеся в результате развевания нижнехвалынских глин и накопления продуктов дефляции, бугры развиты в пределах широкой полосы, протягивающейся вдоль берега моря от реки Эмбы до устья реки Кумы. Летом реки сильно мелеют, многие из них представляют собой цепочки заполненных водой плесов и бочагов, разделенных сухими и полусухими перекатами. Реки Уил, Сагиз и Эмба летом не имеют сплошного зеркала воды. Большая часть поверхности дельты Волги сложена новокаспийскими аллювиально-дельтовыми осадками. Дельта характеризуется сложной системой рукавов, между которыми располагаются низкие острова, обычно со слегка приподнятыми краями благодаря образованию здесь прирусловых валов [Устьевая область..., 1998]. Поверхность островов изборождена многочисленными ложбинами, сохранившимися на месте отмерших протоков – ериков, нередко встречаются округлые понижения – бывшие дельтовые озера. Переход от наземной дельтовой равнины к взморью происходит постепенно – через переходную полосу, подверженную эпизодическим затоплениям и осушениям в зависимости от ветровых стонов-нагонов [Природные экосистемы..., 1984]. Существенную роль в процессе роста дельты играет также накопление песчаных отмелей в устьях протоков – банчин, что обеспечивает выдвижение, в первую очередь, приустьевых участков и образование заливов – култуков между ними [Устьевая область..., 1998]. В области междуречья Урала и Волги простирается обширный массив «Рын-пески». Эта преимущественно песчаная, местами песчано-глинистая пустыня на перевеянных морских верхнехвалынских отложениях. На отдельных участках она расчленена древними эрозионными ложбинами – следами блуждания маломощных речных потоков по понижениям эолового рельефа. Дельта р. Урал значительно меньше дельты р. Волги. Несколько рукавов реки делят плоскую дельтовую равнину, образованную за счет аллювиально-морских песчано-глинистых отложений. К востоку от реки Урал и до Эмбы, а также южнее устья последней, новокаспийская терраса сильно расширяется. Линия уреза окаймлена широкой полосой солянковых зарослей с топким илистым грунтом [Леонтьев и др., 1977].

Южнее реки Эмбы появляются «Прикаспийские Каракумы» – перевенный массив верхнехвалынских морских песчаных отложений, частично переработанных эрозией. Рельеф этого района представлен сочетанием грядовых полузакрепленных песков и пересекающими их древними эрозионными ложбинами, занятыми солончаками и солеными пересыхающими озерами. Береговая зона полуострова Бузачи представляет плоскую равнину с твердой глинисто-песчаной почвой; небольшие горы и холмы имеются в южной части. В пределах узкой, ограниченной чинками прибрежной зоны распространены новокаспийские береговые и островные бары, окаймленные со стороны моря широкой полосой прибрежных солончаков.

На юго-востоке Прикаспийская низменность граничит с Мангышлакским плато, где береговая зона представлена плоскими, слабонаклоненными с редкой сетью сухих долин с невысокими структурными уступами денудационно-эрозионных структурных плато, сложенных карбонатными и терригенно-карбонатными породами и склонами плато - крутыми, структурно-ярусными, ступенчатыми, с оползнями, сложенных терригенно-карбонатными и соленосными породами.

**Рельеф дна** Каспийского моря отражает основные черты геологического строения, хотя тектонические процессы нивелируются интенсивной седиментацией. Дно северной части моря расположено в интервале глубин от 0 до 10-15 м (рис. 1.1), является подводным продолжением Прикаспийской низменности, представляя собой пологую мелководную равнину с многочисленными островами, террасами, древними руслами рек (рис. 1.2). Особенности рельефа дна обусловлены значительным объемом осадочного материала, поступающего в Северный Каспий и сменой во времени противоположно действующих рельефообразующих факторов: выравнивания рельефа при трансгрессии за счет аккумуляции морских осадков и формирования эрозионного рельефа во время регрессий. В период регрессий эрозионный рельеф формировался за счет деятельности нескольких крупных речных систем: палео-Волги, палео-Урала и палео-Эмбы. В период трансгрессии большую роль играли процессы аккумуляции, которые способствовали формированию целого ряда банок [Леонтьев и др., 1977].

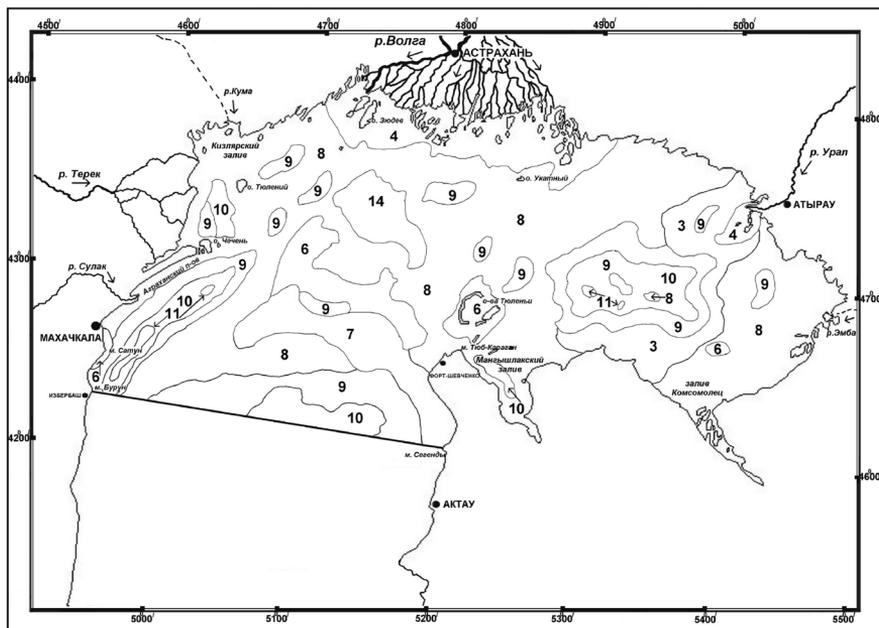
В рельефе преобладают формы, которые связаны, главным образом, с динамикой вод (абразия, создающая различные морфологические типы бенча и абразионные уступы) и аккумуляцией донных осадков, связанной с волновыми движениями в мелководной зоне. Также встречаются формы, обязанные своим происхождением субаэральным агентам, действовавшим на осушенных участках прибрежной отмели в периоды регрессий – «бороздины» (затопленные участки речных долин, располагающиеся на продолжении крупных рек (Волжская, Уральская) или ныне сухих

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

долин (Мангышлакская)). Эти долины до сих пор выделяются глубиной на 3–4 м большими, чем прилегающие к ним участки (реликты речных долин) [Леонтьев и др., 1977; Айбулатов, 2001]. Малые глубины и пологие уклоны дна обуславливают еще одно своеобразие северного мелководья — значительную роль стгонно-нагонных явлений, в результате которых обширные ветровые осушки окаймляют берега в виде широких маршей, сложенных тонким алевритово-илистым материалом [Хрусталеv, 1978]. Велика рельефообразующая роль волнения при перераспределении осадочного материала по дну. Впадение р. Волги (объем годового стока составляет приблизительно 240 км<sup>3</sup>/г) [Устьевая область..., 1998], несущей большой объем твердых наносов (25,8 млн. т/год), создает сильное стоковое течение, придающее меридиональную ориентировку некоторым аккумулятивным формам рельефа [Айбулатов, 2001]. Тектонический фактор (заметную роль здесь также играют четвертичные и современные движения эпейрогенического характера — плавные поднятия и опускания крупных участков земной коры) стимулирует абразию или размыв течениями поднимающихся участков, аккумуляцию в прогибах или на поднятиях [Леонтьев и др., 1977]. Вследствие действия указанных факторов на фоне выровненного в целом рельефа возникли многочисленные аккумулятивные формы рельефа — острова и банки.

**Донные отложения** северной части моря (рис. 1.3) представлены в основном отложениями новокаспийского яруса голоцена [Лебедев и др., 1973]. По периферии они образованы песками, ракушей и ракушечным детритом. В ложбинах и бороздинах накапливаются алевриты, глинистые и известняковые алевриты. На относительно пологих склонах и в котловинах преобладают глинистые, известковые и карбонатные илы [Глумов и др., 2004].

Материал, участвующий в строении островов и банок поставляется, главным образом, реками, впадающими в Северный Каспий [Устьевая область..., 1998]. Некоторое количество осадков — результат биогенного осадконакопления. Изучение северокаспийских островов (о-ва Тюлений и Чечень) показало, что они представляют собой несколько слившихся между собой песчано-ракушечных баров серпообразной формы. Банки, характерные для северокаспийского мелководья — те же бары, но еще на подводной стадии их развития. Донные отложения в пределах банок Безымянной, Кулалинской, Бол. Жемчужной представлены песками мелкой, средней и крупной зернистости. Области, обрамляющие банки, покрыты сравнительно крупнозернистыми отложениями (оолитовыми и ракушечно-детритовыми), встречаются поля чистой ракуши [Лебедев и др., 1973; Хрусталеv, 1978]. Дно центральных частей района подвержено волнению, которое является здесь главнейшим рельефообразующим фактором, благодаря которому в основном осуществляется распределение по дну осадочного материала [Каспийское море..., 1990].



Тип донных отложений: 3 — крупные алевриты; 4 — песчано-глинистые и галечно-песчано-глинистые отложения наземных и подводных дельт; 6 — гравийно-галечные; 7 — песчано-гравийные; 8 — песчаные; 9 — алеврито-песчаные; 10 — песчано-алевритовые; 11 — глинисто-алевритовые и алеврито-глинистые илы

**Рис. 1.3.** Схема донных отложений Каспийского моря по материалам геологических и групповых съемок; данные И.А. Алексинной, Н.М. Арутюновой, М.В.

Кленовой, Л.С. Кулаковой, и др.; данные производственных отчетов 1971-1991 гг., сводки Б.Ю. Рожецкого, 1998 - 2001 гг. и др. [Хрусталеv, 1978; Глумов, Маловицкий и др., 2004]

#### 1.4. Гидрометеорологические условия

Основными факторами, определяющими климат исследуемого региона, являются его географическое положение (меридиональная протяженность с юга на север), характер атмосферной циркуляции, орография берегов (Кавказские горы на западе и Арало-Каспийская низменность на востоке), а также водообмен северной части с другими частями моря [Каспийское море..., 1985; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]. Характерные черты климата - преобладание антициклональных условий погоды, резкие перепады температуры воздуха в течение года, холодная и ветреная зима с морозами в Северном Каспии и теплая в Южном, жаркое, сухое лето на всей акватории [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992].

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Среднегодовая температура воздуха над Северным Каспием находится в пределах 10,5 - 11,5°С, возрастая на границе со Средним Каспием до 11,5 - 12,0°С. В зимний период в северной части температура воздуха везде отрицательна. Морозы наблюдаются с октября до начала апреля. Абсолютный минимум температуры воздуха (-31°С на севере района, -25°С на юге) приходится на февраль. Среднемесячная температура наиболее холодных месяцев - января и февраля находится в пределах от -4°С до -7°С. Среднемесячная температура воздуха самого теплого месяца июля в северной части моря равна 25,1 - 25,5°С.

Общая закономерность ветрового режима над Каспийским морем такова, что большую часть года над морем господствуют ветры северных (СЗ, С, СВ) и юго-восточного направлений. Низкие пологие берега северной части моря не препятствуют свободному проникновению континентальных воздушных масс на акваторию моря [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]. Ветры юго-восточного направления наблюдаются в основном зимой, в это время года такой поток воздушных масс над Каспийским морем наиболее устойчив [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]. Максимальные штормовые ветры (свыше 10 - 15 м/с) наблюдаются в Северном Каспии в зимне-весеннее время [Бухарицин, 1994]. Для Северного Каспия особую роль играют ветры северных румбов, во-первых, потому, что они действуют в основном летом в «безледовое» время, а, во-вторых, постольку, поскольку они осуществляют масштабное явление сгона вод с обширных мелководий прибрежной части дна данной акватории [Айбулатов, 2001]. Ветры южных румбов способствуют нагонам, влияние которых в зимних условиях несколько затушевывается ледовым покровом данной акватории в это время года. В среднем за год вероятность установления ветровых полей северных румбов составляет 41 %, причем летом их вероятность несколько больше (48,7%), чем в другие сезоны года [Каспийское море..., 1986]. Почти половина из них приходится на ветры северо-западной четверти. Юго-восточные ветры составляют в среднем за год 35,9%. Чаще всего они наблюдаются зимой (41,3%). Пределы изменения средних месячных и годовых скоростей ветра по двум станциям северной части Каспийского моря представлены в *таблице 1.1*.

Суммарная солнечная радиация для Северного Каспия составляет в среднем: зимой - 170 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.); весной - 620 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.); летом - 800 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.); осенью - 385 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.) [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]. Поглощенная солнечная радиация повторяет ход суммарной радиации и составляет в среднем: зимой - 155 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.); весной - 570 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.); летом - 750 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.); осенью - 345 МДж/(см<sup>2</sup>/мес.) (*рис. 1.4*).

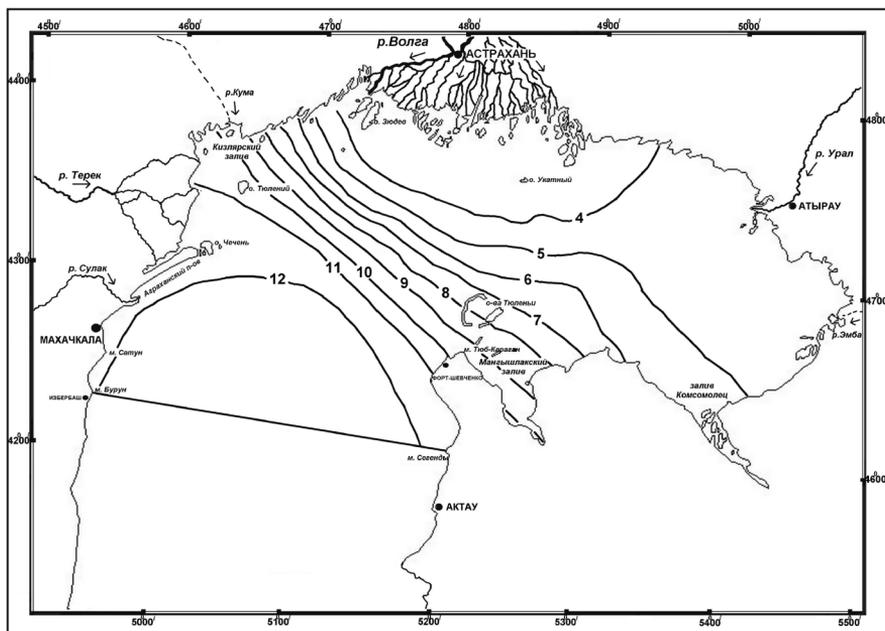
**Таблица 1.1.** Средняя месячная и средняя годовая скорость ветра (м/с) в 1997-1999 гг. и пределы их изменения, Северный Каспий [Гидрометеорологические условия..., 1986; Экологическая политика..., 2000]

|                 | Месяцы |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      |      | Год |
|-----------------|--------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|
|                 | 1      | 2    | 3    | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    | 10   | 11   | 12   |     |
| о. Тюлений      |        |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      |      |     |
| Средняя         | 5,8    | 6,1  | 5,9  | 6,2  | 5,8 | 5,2 | 4,9 | 5,1 | 5,3  | 5,7  | 6,0  | 5,8  | 5,7 |
| Мин. средн.     | 3,8    | 3,6  | 3,8  | 4,2  | 4,1 | 3,5 | 3,7 | 2,9 | 3,3  | 3,0  | 3,6  | 4,2  | 4,5 |
| Макс. средн.    | 8,4    | 10,1 | 8,9  | 8,9  | 9,4 | 7,4 | 7,0 | 6,6 | 7,7  | 7,3  | 9,7  | 9,0  | 7,2 |
| Форт – Шевченко |        |      |      |      |     |     |     |     |      |      |      |      |     |
| Средняя         | 7,2    | 7,3  | 7,0  | 6,7  | 5,9 | 5,6 | 5,3 | 5,5 | 6,2  | 6,6  | 7,5  | 7,1  | 6,5 |
| Мин. средн.     | 4,5    | 2,0  | 3,5  | 3,9  | 2,7 | 3,6 | 3,0 | 2,1 | 3,6  | 4,1  | 4,7  | 5,0  | 4,1 |
| Макс. средн.    | 11,8   | 12,9 | 12,9 | 11,9 | 9,5 | 8,9 | 9,8 | 8,8 | 10,4 | 10,2 | 12,9 | 11,0 | 9,4 |

Над западной частью моря, примыкающей к горам Кавказа, выпадает значительно больше осадков, чем над восточной, находящейся под влиянием среднеазиатских степей и пустынь. Годовой ход осадков относится к континентальному типу (преобладание осадков в теплый период). Годовая сумма осадков составляет от 130 до 150 мм (табл. 1.2). Максимум числа дней со значительными осадками в западной части моря приходится на весну и осень. Среднее число дней в году с обильными осадками<sup>1</sup> составляет 2 - 4 [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]. Наибольшей величины среднемесячные значения достигают в период с июля по сентябрь (15 мм). Минимум наблюдается в зимнее время (январь – февраль) и составляет 10 мм. Над акваторией преобладают жидкие осадки; твердые осадки ежегодно наблюдаются с октября-ноября по март-апрель. Повторяемость твердых осадков в октябре-ноябре составляет 14 – 20%, увеличиваясь к марту до 40 – 50%.

<sup>1</sup> Обильными (значительными) считаются осадки, количество которых за 12 часов превышает 12 мм при дожде и 5 мм при снеге (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992).

# ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



☐-3400☐ - значение радиационного баланса

**Рис. 1.4.** Среднеголетние показатели радиационного баланс за год (МДж/м<sup>2</sup>) [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]

**Таблица 1.2.** Количество осадков (мм), Северный Каспий [Гидрометеорологические условия..., 1986; Экологическая политика..., 2000]

| Станция          | Месяцы |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Год |
|------------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                  | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |     |
| о. Искусственный | 12     | 11 | 10 | 12 | 13 | 15 | 10 | 13 | 13 | 10 | 14 | 13 | 156 |
| о. Тюлений       | 10     | 9  | 9  | 14 | 23 | 11 | 15 | 13 | 15 | 16 | 14 | 14 | 163 |
| о. Кулалы        | 9      | 10 | 10 | 14 | 14 | 19 | 14 | 14 | 16 | 12 | 11 | 17 | 174 |
| о. Пешной        | 9      | 8  | 9  | 10 | 12 | 14 | 14 | 12 | 11 | 10 | 11 | 14 | 134 |

К опасным и стихийным гидрометеорологическим явлениям [Бухарицин, 1994] на Каспийском море относятся сильные ветры; ураганы; шквалы; обледенение сооружений; сильное волнение; сгонно-нагонные колебания уровня в прибрежной зоне; аномально раннее появление льда в районе производственных операций, сжатие, подвижка льда, взлом припая, навалы льда и особенно мощный вынос льда из районов Северного Каспия в южные районы. Наибольшую угрозу представляет штормовой ветер [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992].

## 1.5. Гидрологические условия

Своеобразие условий гидрологической структуры водных масс Каспийского моря определяется его внутриматериковым положением, большой меридиональной протяженностью, конфигурацией берегов и рельефом морского дна, атмосферными процессами (полями ветра, потоками тепла и массы через поверхность моря, обуславливающими характерную горизонтальную и вертикальную турбулентность и циркуляцию вод), воздействием речного стока и периодическим вторжением соленых среднекаспийских вод (рис. 1.5 – 1.6) [Каспийское море..., 1986; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992].

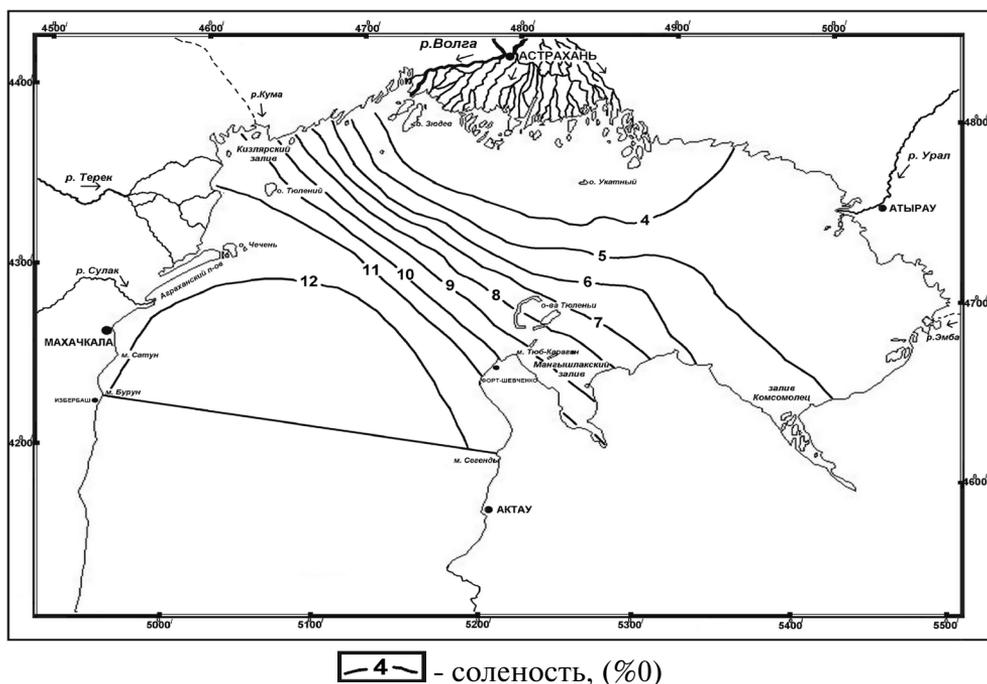
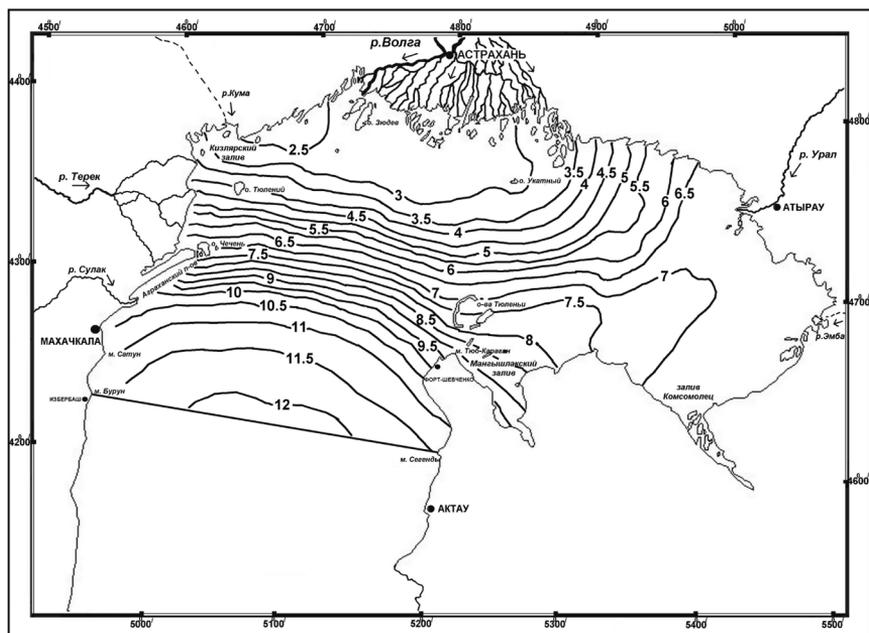


Рис. 1.5. Среднеголетняя соленость поверхностных вод Каспийского моря в феврале [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



 - соленость, ‰

**Рис.1.6. Среднеголетняя соленость поверхностных вод Каспийского моря в августе [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]**

В Северном Каспии большая величина сезонных изменений теплового состояния вод определяется резкой континентальностью климата, а солёности – сосредоточением здесь основного количества поступающих в море речных вод. По направлению на юг влияние этих факторов уменьшается [Каспийское море..., 1986]. Кроме того, большой объём водных масс Среднего и Южного Каспия делает режим этих частей моря более устойчивым по отношению к внешним воздействиям, чем мелководного Северного Каспия.

Воды Северного Каспия отличаются невысокой солёностью (табл. 1.3). В формировании поля солёности вод Северного Каспия участвуют пресная вода, поступающая из Волги, и солёная – из Среднего Каспия [Мусатов, Красножон и др., 1981]. Солёность нарастает от 0 до 13‰ с удалением от дельты Волги [Устьевая область..., 1998].

На взморье дельты Волги солёность всего около 1‰. Резкий перепад в значениях солёности происходит в узкой полосе, проходящей в средней части северокаспийской акватории и оконтуривающий водные массы приустьевого взморья [Пахомова, 1966]. Вертикальные градиенты солёности по Северному Каспию невелики и составляют в основном 0,01-0,02‰/м. Внутри области моря с солёностью от 2 до 10‰ горизонтальные градиенты солёности обычно существенно больше, чем за ее пределами, ширина гидрофронта достигает 20-60 км (иногда больше). До и после гидрофронта солёность меняется сравнительно медленно.

**Таблица 1.3.** Уровень моря, речной сток, соленость и площадь опресненных зон Северного Каспия по данным многолетних наблюдений [Научные основы..., 1998]

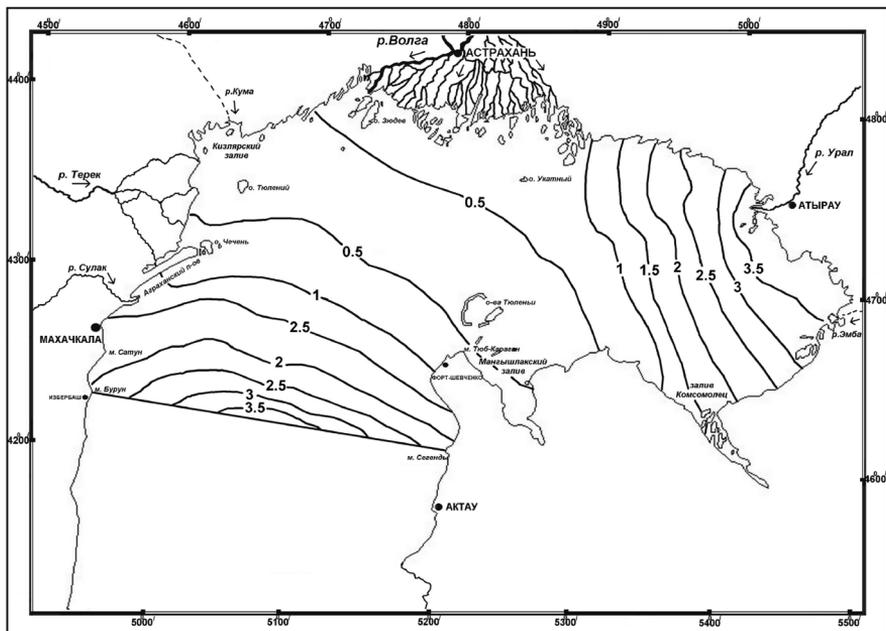
| Годы      | Уровень-моря | Годовой сток рек (км <sup>3</sup> ) |      | Соленость (‰) |        | Площадь опресненных (0-8‰) зон, тыс. км <sup>2</sup> |        |                 |
|-----------|--------------|-------------------------------------|------|---------------|--------|--|--------|-----------------|
|           | м. абс.      | Волга                               | Урал | Запад         | Восток | Запад  | Восток | Северный Каспий |
| 1959-1971 | -28,3        | 232                                 | 8,5  | 9,27          | 6,77   | 25,8   | 25,7   | 51,5            |
| 1972-1980 | -28,6        | 225                                 | 5,6  | 9,55          | 8,24   | 27,7   | 19,5   | 47,2            |
| 1981-1985 | -28,2        | 252                                 | 8,0  | 9,09          | 8,23   | 24,1   | 26,0   | 50,2            |
| 1985-1990 | -27,6        | 271                                 | 9,7  | 8,78          | 6,42   | 20,4   | 42,6   | 63,0            |
| 1990-1995 | -26,8        | 294                                 | 10,6 | 7,75          | 5,10   | 19,2   | 56,6   | 75,8            |

В различные сезоны года в Северном Каспии выделяется три типа водных масс: с соленостью 0-2 ‰, находящиеся под непосредственным влиянием речного стока р. Волги; с соленостью 10-12‰, формирующиеся под влиянием вод Среднего Каспия и зоны смешения вод с соленостью 2-10‰. Положение границ зон с разной соленостью в целом невелико, хотя имеет место зависимость от времени года. Весной область распространения сильно опресненных водных масс придельтового пространства Волги увеличивается в связи с весенним паводком, оттесняя границу с более солеными водами бассейна к югу и делая зону перехода солености уже, как бы сжимая ее. Летом эта зона расплывается, а область распресненных вод взморья Волги уменьшается и занимает минимальную площадь осенью, перед самым ледоставом [Катунин, Курочкина и др., 2000; Катунин, Хрипунов, и др., 2005].

Температурный режим вод Северного Каспия (рис. 1.7–1.8; табл. 1.4) определяется его географическим положением, глубинами, теплообменом с атмосферой, конвекцией и внутриводным обменом теплом между речными и морскими водами Северного и Среднего Каспия [Экологическая политика..., 2000]. Средняя годовая температура воды северной части Каспийского моря составляет 11-13° [Панин, 2005]. Мелководность основной части акватории северной части моря обуславливает интенсивное перемешивание вод, особенно в летний период, а поступление значительного количества тепла именно в это время обеспечивает прогрев водной толщи до +24 - +26°С в июле (табл. 1.5).

Годовой размах температуры воды в Северном Каспии изменяется в пределах от 20° до 27°. Абсолютный максимум достигает 30-34°, на устьевом взморье Волги - 35-37°. Минимальная температура воды наблюдается в феврале; от 0,0° до -0,6° подо льдом и до 3-4° на акваториях, свободных ото льда [Каспийское море..., 1990].

# ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



$\nabla 0.5$  - температура воды, (°C)

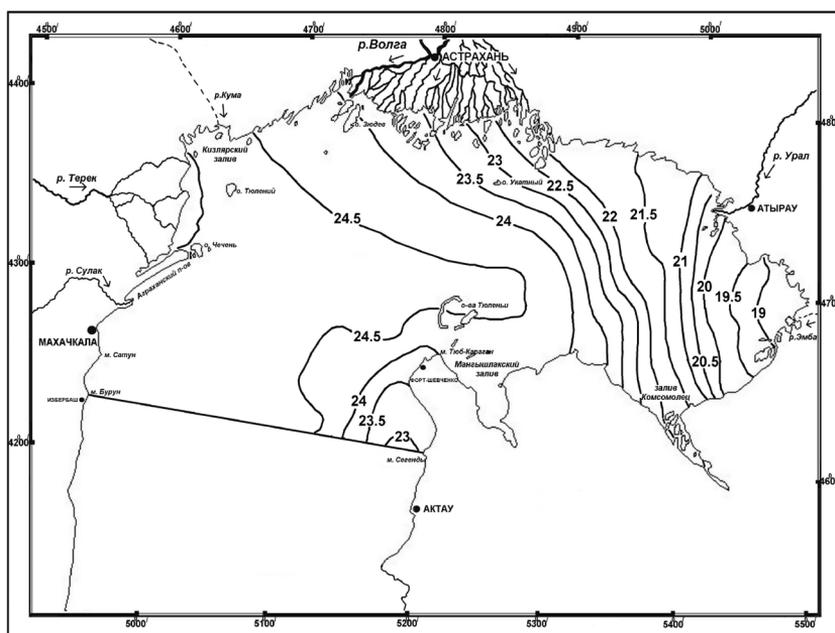
**Рис. 1.7.** Среднеголетняя температура на поверхности воды Каспийского моря в феврале (°C) [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]

**Таблица 1.4.** Средняя месячная и средняя годовая температура морской воды в северо-западной части Каспийского моря (ГМС о Тюлений) в 1997-1999 гг. [Экологическая политика..., 2000; Экологическая политика..., 2003]

| Период | Месяцы |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |     | Год  |
|--------|--------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|        | 1      | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12  |      |
| 1997   | -0,3   | 0,0 | 4,8 | 10,9 | 19,2 | 23,5 | 26,3 | 24,9 | 18,6 | 15,5 | 7,4  | 1,7 | 12,7 |
| 1998   | -0,1   | 0,0 | 3,0 | 11,2 | 17,4 | 25,8 | 26,4 | 26,1 | 19,8 | 14,9 | 8,2  | 1,3 | 12,8 |
| 1999   | 0,9    | 2,5 | 5,5 | 12,1 | 16,3 | 23,7 | 26,0 | 27,2 | 20,4 | 15,2 | 5,3  | 2,3 | 13,1 |
| 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 |

Таблица 1.5. Температура воды в Северном Каспии, °С [Катунин, Хрипунов, и др., 2005; Отчет..., 2001]

| Годы              | Западная часть |      |      | Восточная часть |      |      | Северный Каспий |      |      |
|-------------------|----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|
|                   | Пов.           | Дно  | Ср.  | Пов.            | Дно  | Ср.  | Пов.            | Дно  | Ср.  |
| август 2001       | 25,1           | 23,7 | 24,4 | 25,5            | 25,5 | 25,5 | 25,3            | 24,5 | 24,9 |
| Ср. 1935-1972 гг. | -              | -    | 24,4 | -               | -    | 24,1 | -               | -    | 24,3 |



 - температура воды, (°С)

Рис. 1.8. Среднеголетняя температура на поверхности воды Каспийского моря в августе (°С) [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]

Северная часть моря мелководна, воды сильно распреснены и теплозапас их мал, что способствуют быстрому установлению ледяного покрова при резком понижении температуры воздуха осенью и в начале зимы (табл. 1.6; рис. 1.9). Северная и северо-восточная часть моря замерзает ежегодно даже в очень мягкие зимы, причем значительная акватория покрывается неподвижным льдом – припаем, который составляет здесь основную часть ледового покрова моря и плавучим льдом [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992].

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

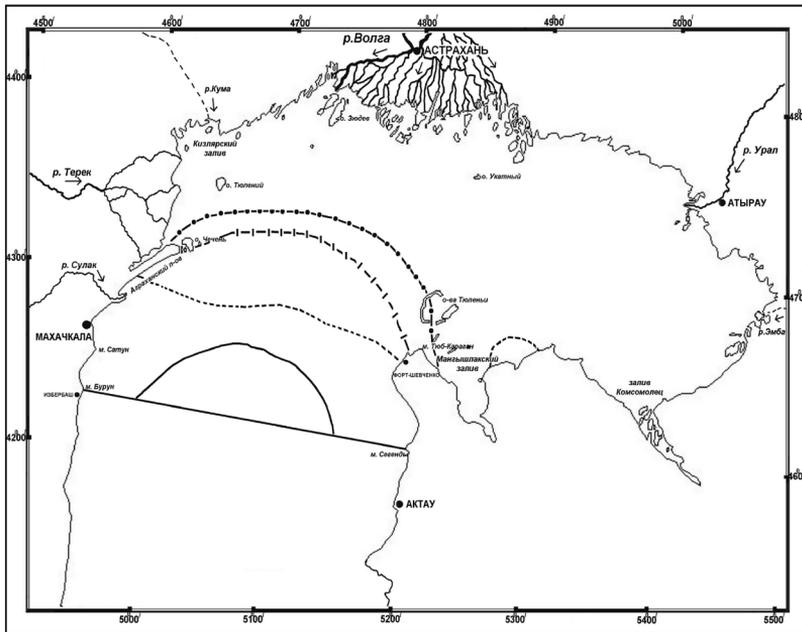
**Таблица 1.6.** Сроки начала устойчивого ледообразования, окончательного очищения ото льда и продолжительность ледового периода по опорным ГМС Северного Каспия [Гидрометеорологические условия..., 1986]

| Пункты          | Дата начала устойчивого ледообразования    |              |              |                   |         |           |
|-----------------|--|--------------|--------------|-------------------|---------|-----------|
|                 | средние                                    | ранние       | поздние      | длина ряда (года) |         |           |
| о.Искусственный | 18.XI                                      | 14.XI.1941   | 14.I.1975    | 37                |         |           |
| о.Тюлений       | 31.XI                                      | 26.XI.1959   | 8.II.1976    | 42                |         |           |
| о.Кулалы        | 10.XII                                     | 14.XI.1952   | 4.I.1940     | 17                |         |           |
| Пункты          | Дата окончательного очищения ото льда      |              |              |                   |         |           |
|                 | средние                                    | ранние       | Поздние      | длина ряда (года) |         |           |
| о.Искусственный | 25. III                                    | 2. III. 1944 | 16. IV. 1954 | 34                |         |           |
| о.Тюлений       | 15. III                                    | 12.II.1966   | 11.IV.1969   | 39                |         |           |
| о.Кулалы        | 20. III                                    | 17.II.1944   | 16.IV.1942   | 16                |         |           |
| Пункты          | Продолжительность ледового периода (сутки) |              |              |                   |         |           |
|                 | средняя                                    | макс.        |              | мин.              |         | число зим |
|                 |  | значение     | зима         | значение          | зима    |           |
| о.Искусственный | 119  | 154          | 1979-80      | 72                | 1980-81 | 23        |
| о.Тюлений       | 98   | 149          | 1957-58      | 51                | 1980-81 | 39        |
| о.Кулалы        | 94   | 151          | 1953-54      | 39                | 1961-62 | 37        |

У кромки льда температура воды колеблется от 0 до +0,5° С. Наибольшее число дней со льдом (110-130) в мягкие зимы отмечается в северо-восточных районах. В исключительно суровые зимы толщина льда на северо-востоке моря достигает 80-90 см. В центральных и юго-западных районах Северного Каспия толщина неподвижного льда составляет 50-60 см. В средней части Каспийского моря ледяной покров занимает в целом незначительную площадь, а в мягкие зимы совсем не бывает. В южной части Каспийского моря лед появляется лишь в исключительно суровые зимы [Каспийское море..., 1986].

Северный Каспий характеризуется неустойчивым и сложным режимом течений (рис. 1.10). Основной генератор течений Каспийского моря – ветер, а также сток рек, испарение, и возможно, колебания атмосферного давления. Ветровые течения в Северном Каспии наиболее заметны, их средние скорости порядка 10-20 см/с, максимальные доходят до 70 см/с [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992]. Наблю-

дается увеличение скоростей с севера на юг. Во многих случаях течение согласуется по направлению с ветром лишь на начальной стадии его развития. В дальнейшем, в зависимости от направления ветра и продолжительности его действия, образуются локальные круговороты и противотечения, вызываемые приспособлением течений не только к полю ветра, но и к рельефу дна и контуру береговой линии. При изменении градиента давления может возникать течение, направленное противоположно действующему ветру [Бондаренко, 1993].



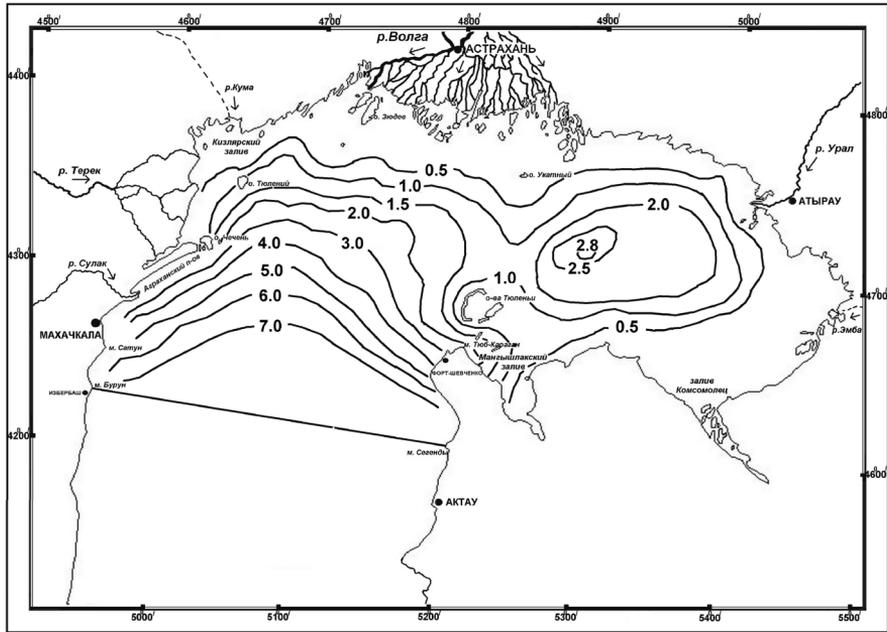
 - положение в суровые зимы;  - положение в умеренные зимы;  
 - положение в мягкие зимы;  - распространение плавучего льда

**Рис. 1.9.** Положение кромки льда в Каспийском море (среднегодежные данные)  
 [Каспийское море..., 1986]

Параметры течений (направление и скорость) быстро изменяются во времени; изменение направления течения на противоположное, или близкое к нему, может произойти за промежуток времени от нескольких суток до нескольких часов. Измерения течений на различных горизонтах подтверждают, что на участках акватории с глубинами до 20 м вода движется в основном однонаправленно. При этом скорости течений способны как уменьшаться, так и увеличиваться от поверхности ко дну [Каспийское море..., 1986].

Максимальные параметры волн на Северном Каспии зависят от ветра и глубины моря. В большинстве случаев опасное и особо опасное волне-





- высота волн в метрах

**Рис. 1.11.** Максимально возможная высота волн на Северном Каспии (среднегодовые данные) [Бухарицын, 1994]

## 1.6. Гидрохимические условия

Современный гидрохимический режим Каспийского моря формируется под действием процессов регулирования речного стока, трансформации биогенного стока в устьях рек, термохалинной структуры моря и эвтрофикации [Иванов, Васильев, 2001], отличается значительной сезонной и межгодовой изменчивостью, определяемой, в основном, влиянием стока Волги и водообменом со средней частью моря. Характерные изменения гидрохимических условий Каспийского моря, происходящие под совокупным влиянием естественных и антропогенных факторов, проявляющиеся в отдельных регионах моря в разной степени, могут быть сформулированы [Пахомова, 1966; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996; Экологическая политика..., 2000] следующим образом:

- увеличение солености воды Северного Каспия под влиянием безвозвратных водозаборов из Волги;
- ухудшение газового режима из-за изменений вертикальной структуры вод и роста концентраций органического вещества;
- изменение внешних и внутренних балансов биогенных веществ под влиянием такого фактора, как уменьшение притока минеральных и увеличение притока органических форм биогенных веществ;

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

- ухудшение качественного состава морских вод под влиянием загрязнения. Наблюдается тенденция к изменению солевого состава вод Северного Каспия в связи с антропогенным ухудшением качества вод Волги, Урала и существенным ростом их минерализации.

В результате зарегулирования стока наблюдается некоторое снижение относительного содержания кислорода и существенное понижение значений рН [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Отмелый район Северного Каспия характеризовался более высокими средними значениями рН (8,37-8,47), чем приглубый, что свидетельствует о более активном образовании органического вещества в мелководной зоне, находящейся под влиянием волжского стока [Каспийское море..., 1986]. В августе 2001 г. в восточной части моря значения рН были ниже, чем в западной [Отчет..., 2001] (табл. 1.7).

**Таблица 1.7.** Величины рН в Северном Каспии в августе 2001 г. [Отчет..., 2001]

| Горизонт           | Западная часть |              | Восточная часть |              |
|--------------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|
|                    | Колебания      | Ср. значение | Колебания       | Ср. значение |
| Мелководная зона   |                |              |                 |              |
| Пов.               | 8,71-9,20      | 8,94         | 8,41-8,89       | 8,64         |
| Дно                | 8,52-9,13      | 8,92         | 8,38-8,89       | 8,64         |
| Глубоководная зона |                |              |                 |              |
| Пов.               | 8,39-8,85      | 8,54         | 8,39-8,61       | 8,49         |
| Дно                | 8,02-8,86      | 8,48         | 8,35-8,59       | 8,49         |

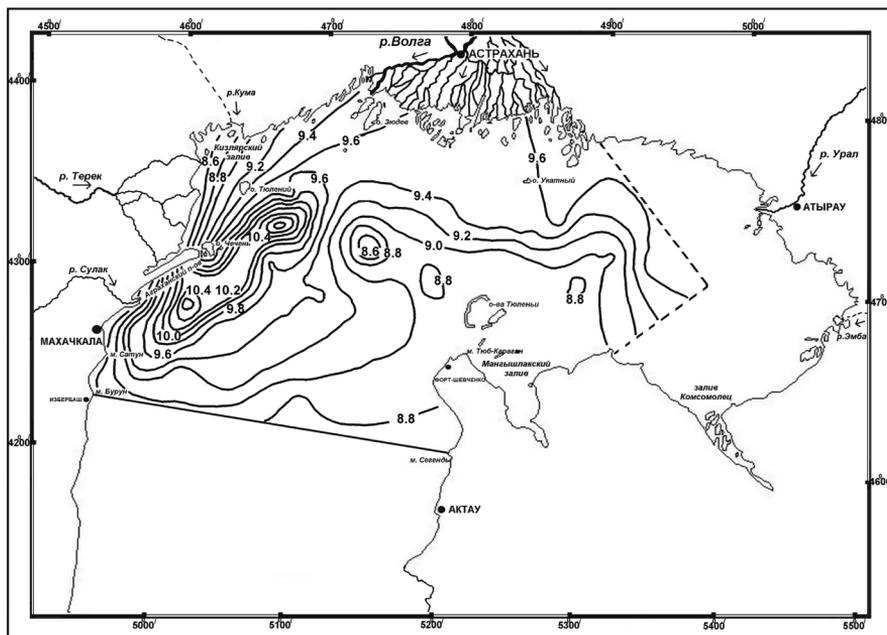
Максимальные величины рН (8,90-9,20) были отмечены в западной части мелководной зоны, минимальные (8,02-8,30) – в придонном горизонте воды приглубого района, граничащего со Средним Каспием. Величины межгодовых колебаний кислорода и рН снизились по сравнению с периодом до зарегулирования: максимальная величина рН отмечена в летнее время, минимальная – весной; максимальное абсолютное содержание кислорода наблюдается весной, минимальное – летом [Пахомова, 1966]. Суточные колебания рН и кислорода изменяются по сезонам и характеризуют интенсивность фотосинтетических процессов в море [Экологическая политика..., 2000].

Наличие биогенных веществ в морской воде является одним из важнейших факторов биологической продуктивности водоема, а также показателем степени загрязненности отдельных акваторий. Многолетние изменения запасов биогенных веществ во многом определяются колебаниями волжского стока, поскольку объем Северного Каспия сравнительно невелик и сопоставим (особенно в многоводные годы) с объемом

материкового стока [Устьевая область..., 1998]. Сезонные изменения концентраций биогенных веществ носят сложный характер и зависят, с одной стороны, от количества поступления их с речными водами, а с другой — от интенсивности потребления и скорости регенерации и процессов обмена между грунтом и водой. Определенное значение в динамике биогенных веществ имеет также водообмен между Северным и Средним Каспием [Мусатов, Красножон и др., 1981].

Растворенный в воде кислород является важным гидрохимическим показателем биологической продуктивности водоема. Его содержание и насыщение зависит от ряда факторов, а именно: интенсивности фотосинтеза, обмена с атмосферой и слоями воды, потребления при биохимических реакциях, дыхании морских организмов и т.д. В зависимости от преобладания тех или иных процессов характер распределения кислорода существенно изменяется во времени и в пространстве. Более благоприятный кислородный режим в северной части моря в 2000 г. складывался в западной части мелководной зоны, находящейся под влиянием волжского биогенного стока, а до середины 90-х годов и во всей восточной части Северного Каспия. В современных условиях летом формируется зона гипоксия — как традиционно, в приглубой зоне (более 10 м) западной части Северного Каспия, так и в локальных районах мелководной зоны, а в восточной части Северного Каспия — в основном в районе Уральской бороздины. В августе 2000г. значения содержания в воде кислорода в Северном Каспии изменялись в мелководной зоне от 5,31 до 7,12 мл/л, в глубоководной — от 2,19 до 7,24 мл/л [Экспедиционные исследования..., 2000]. Пространственное распределение содержания кислорода в поверхностном и придонном горизонтах представлено на *рис. 1.12 — 1.13*. Повышенное насыщение вод кислородом отмечено в районе Волго-Каспийского канала, юго-восточнее о. Новинский, мористее Тишковского канала-рыбохода, севернее и северо-восточнее о. Чечень и восточнее о. Малый Жемчужный.

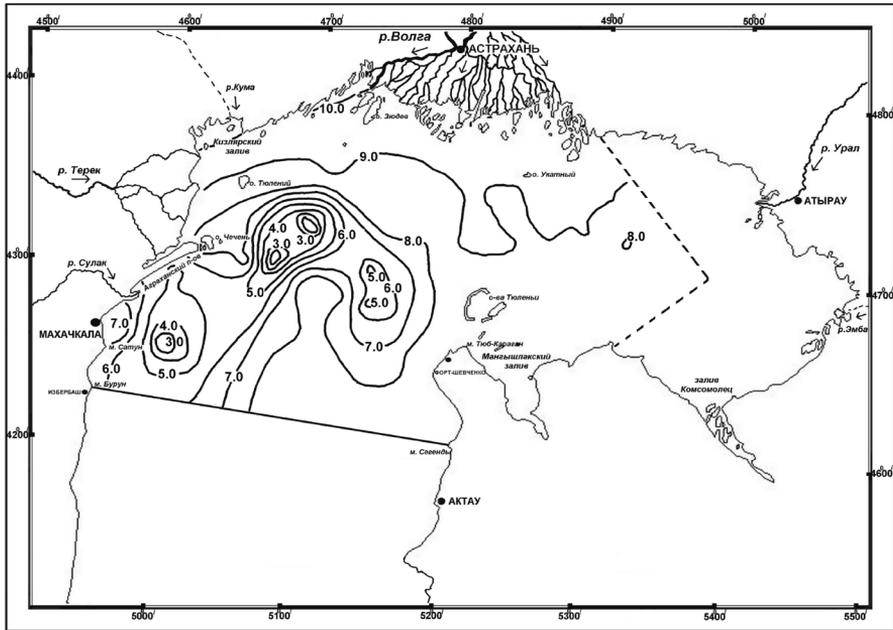
В устьевой области р. Урал и отчасти р. Волги, вероятно, вследствие повышенного поступления органики содержание кислорода было ниже, чем в зоне конвергенции, и по величине близким к равновесному с атмосферой. Площади с гипоксией (критические значения насыщения вод кислородом менее 80%) в придонном горизонте воды обнаружены только в западной части глубоководной зоны и составили 6,8 тыс. км<sup>2</sup>, а площади критических величин насыщения менее 60% равнялись 2,7 тыс. км<sup>2</sup>. Площадь с дефицитом кислорода у дна в августе составила 6,6% от акватории Северного Каспия и всего 35 % от среднего многолетнего значения 90-х годов [Экспедиционные исследования..., 2000].



**8.8** - Распределение  $O_2$  на поверхности моря, мг/л

**Рис. 1.12.** Распределение  $O_2$  на поверхности моря (мг/л) [Экспедиционные исследования..., 2000]

Нитриты ( $NO_2$ ) образуются в воде в результате химических и биохимических процессов окисления ионов аммония (процесс нитрификации) и находятся, как правило, в местах значительного скопления органического вещества, как живых, так и отмерших организмов. Нитриты химически нестойкие соединения, подвергающиеся дальнейшему окислению до нитратов. На всех разрезах [Экспедиционные исследования..., 2000] водные массы характеризуются очень малыми концентрациями нитритов (до 3,3 мкг/л) (рис. 1.12 – 1.13). Самый западный разрез, находящийся под интенсивным воздействием стока волжских вод, характеризуется относительным уменьшением концентрации  $NO_2$  по мере удаления от устьевой области Волги. Средняя концентрация нитрит - ионов на поверхности воды самого западного из серии разрезов в Северном Каспии составила всего 2 мкг/л. Благодаря своей мелководности Северный Каспий хорошо аэрируется. Для центральной части Северного Каспия и некоторых районов на северо-востоке характерно существование слоя активного фотосинтеза на горизонте 5 м. Это, по-видимому, можно объяснить процессами вегетации фитопланктона именно в слое 0 - 5 м. При наличии достаточного количества минерального питания, освещенности и вентиляции водной толщи фитопланктон будет интенсивно вегетировать, а в условиях высоких температур и хорошей аэрации скорости минерализации органических веществ увеличиваются. В итоге весь продукционно-деструкционный цикл идет с большой скоростью.



 - Распределение  $O_2$  в придонном слое, мг/л

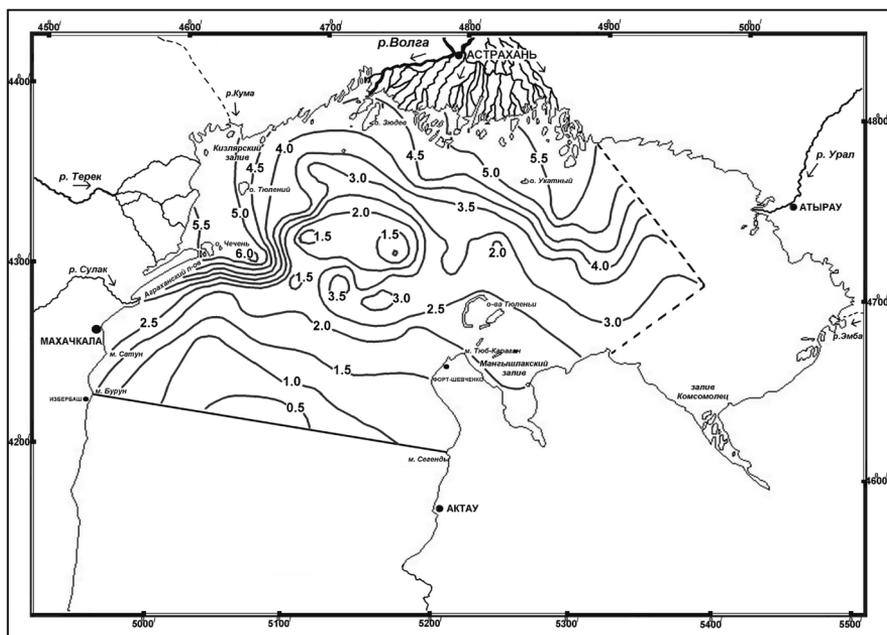
**Рис. 1.13.** Распределение  $O_2$  в придонном слое (мг/л) [Экспедиционные исследования..., 2000]

Ядра повышенной концентрации нитритов наблюдаются в районах устьевых взморий Волги и Терека 4,5 - 5,5 мкг/л. Очень малые концентрации нитритов менее 1 мкг/л (до нуля на разрезах в северной части Среднего Каспия) отмечаются по мере удаления от взморья Терека на северо-восток и на юг в сторону границы со Средним Каспием и при удалении от устьевого взморья Волги на юго-запад. Линии равных концентраций имеют наибольшее сгущение на внешней границе устьевых взморий, где происходит интенсивное смешение речных и морских вод.

Нитраты ( $NO_3$ ) - конечная стадия окисления азота. Нитраты, как и фосфаты, являются необходимым для морского фитопланктона биогенным соединением. Их отсутствие, как правило, приводит к угнетению роста водорослей, снижению интенсивности процесса фотосинтеза. Увеличение нитратов в воде в летний период связано с массовым отмиранием фитопланктона и активизацией процессов нитрификации. По результатам экспедиционных исследований ГОИН в 2000 г. [Экспедиционные исследования..., 2000] концентрации нитратов составляли 9,7 мкг/л - 356 мкг/л (для поверхностных вод) и 9,7 - 62,1 мкг/л в придонном слое. Повышенное содержание нитратов, до 70-80 мкг/л, наблюдалось у западного побережья, в районе, находящимся под непосредственным влиянием волжского стока. В открытой части моря их содержание колеблется от 0 до 5 мкг/л [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Значительные изме-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

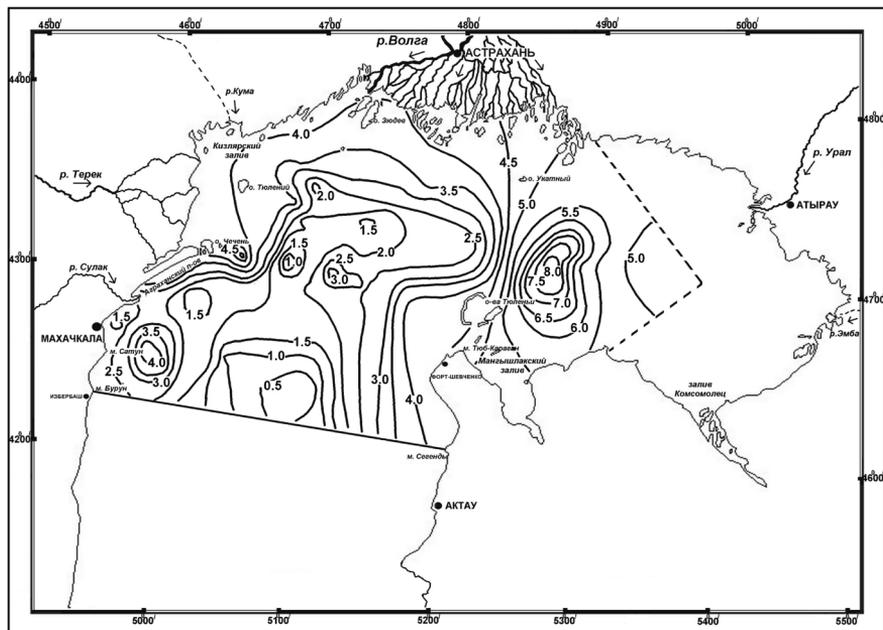
нения концентраций нитратов возможно объясняются сложной гидродинамической обстановкой в районе взморья, обуславливающей пятнистое распределение фитопланктонных организмов, усваивающих нитраты.



**4.5** - Распределение  $\text{NO}_3$  на поверхности моря,  $\text{мкг NO}_3/\text{л}$

**Рис. 1.14.** Распределение  $\text{NO}_3$  на поверхности моря ( $\text{мкг NO}_3/\text{л}$ ) [Экспедиционные исследования..., 2000]

Аммонийный азот ( $\text{NH}_4^+$ ) в пределах исследуемых акваторий Северного Каспия имеет закономерную тенденцию к увеличению концентрации по направлению ко дну (рис. 1.16 – 1.17). На некоторых станциях, расположенных в зоне непосредственного влияния речного стока, концентрации аммония на поверхности превышают его придонные концентрации. Концентрация аммонийного азота в исследуемых районах Северного Каспия менялась в диапазоне 89  $\text{мкг/л}$  - 277  $\text{мкг/л}$ . Средняя поверхностная концентрация  $\text{NH}_4$  для станций самого западного разреза составляла 168  $\text{мкг/л}$ . Для станций, расположенных в центральной части Северного Каспия средняя концентрация составляла 134  $\text{мкг/л}$ . На станциях, расположенных в северо-восточном секторе исследования - 106  $\text{мкг/л}$ . Очень хорошо прослеживается влияние речного стока на распределение  $\text{NH}_4$  по поверхности моря. Изолинии наибольших концентраций вытянуты вдоль устьевых областей рек Волги, Терека и Сулака. Наибольшие горизонтальные градиенты изменения поверхностной концентрации ионов аммония прослеживаются в северо-западной части Среднего Каспия при приближении к устьевой области Терека.



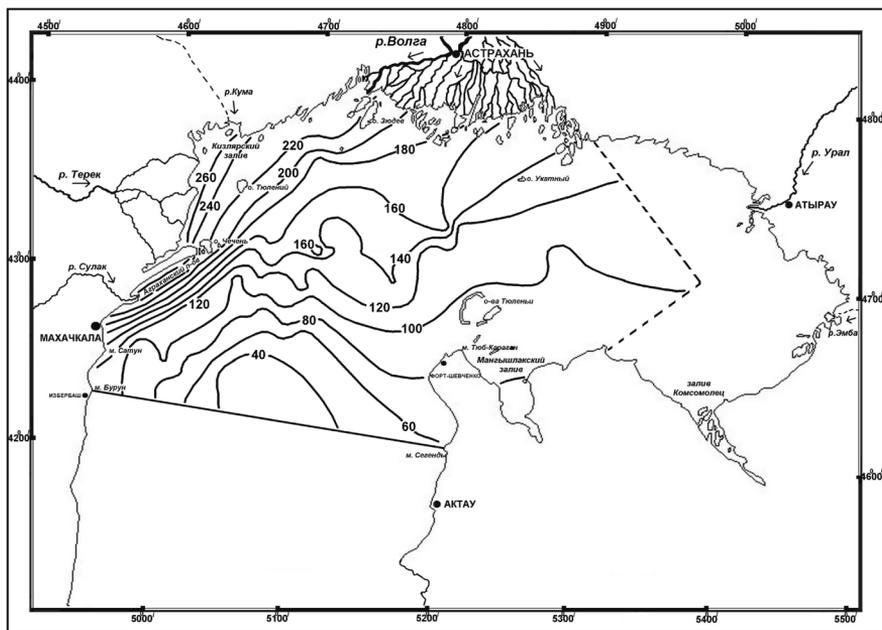
**4.0** - Распределение  $\text{NO}_3$  в придонном горизонте,  $\text{мкг NO}_3/\text{л}$

**Рис. 1.15. Распределение  $\text{NO}_3$  в придонном горизонте ( $\text{мкг NO}_3/\text{л}$ )**  
[Экспедиционные исследования..., 2000]

По мере удаления от устьевых взморья р. Волги в центральную часть моря и в район свала глубин на границе Северного и Среднего Каспия наблюдается падение концентрации аммония до менее 40  $\text{мкг/л}$ . В северо-восточной части исследуемой территории Северного Каспия также наблюдается снижение концентрации  $\text{NH}_4$ , что, по - видимому, связано с активным потреблением аммонийного азота фитопланктоном. К западу от п-ова Мангышлак в придонных слоях наблюдается ядро повышенных концентраций  $\text{NH}_4$  – более 160  $\text{мкг/л}$ .

Минеральный фосфор является важнейшим субстратом для построения живых клеток фитопланктона. По данным [Экспедиционные исследования..., 2000] распределение фосфатов в водах исследуемых районов Северного Каспия имело следующий характер (рис. 1.18 – 1.19). Наблюдалось некоторое увеличение минерального фосфора в северо-восточной части, диапазон изменения концентрации  $\text{PO}_4$  на поверхности составлял 27 - 35  $\text{мкг/л}$ , у дна - 30 - 54  $\text{мкг/л}$ . Среднее значение концентрации на поверхности 29  $\text{мкг/л}$ . На остальных разрезах в Северном Каспии концентрация  $\text{PO}_4$  не превышала 30  $\text{мкг/л}$ . Средняя концентрация минерального фосфора в центральном районе составляла 10  $\text{мкг/л}$ , в северо-западном районе - 22  $\text{мкг/л}$ .

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

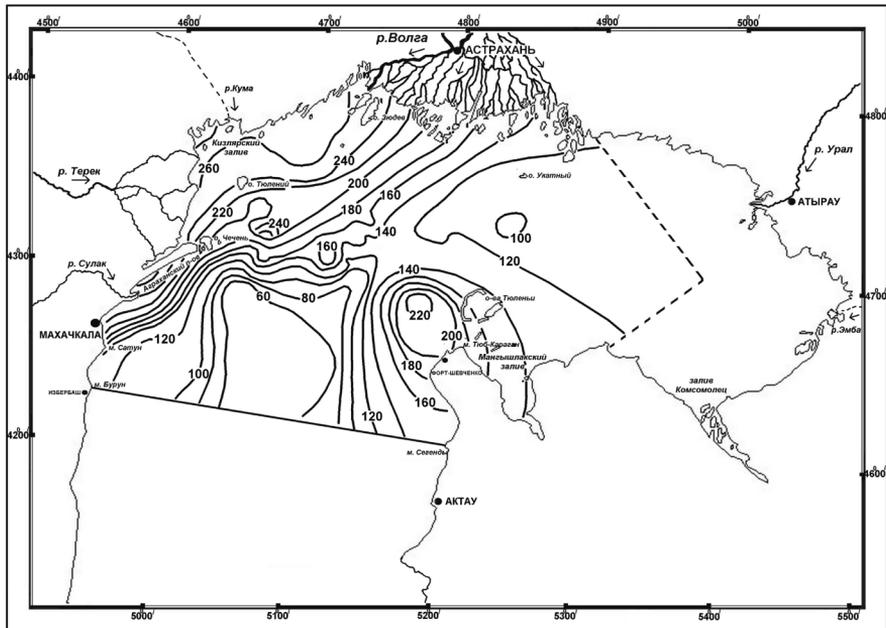


**100'** -  $\text{NH}_4$  на поверхности моря, мкг  $\text{NH}_4/\text{л}$

**Рис. 1.16.** Распределение  $\text{NH}_4$  на поверхности моря, мкг  $\text{NH}_4/\text{л}$  [Экспедиционные исследования..., 2000]

Для центральной мелководной части в целом отмечались незначительные отклонения поверхностных концентраций от придонных. В районах с глубинами более 10 м наблюдалось увеличение минерального фосфора у дна приблизительно на 3 мкг/л по сравнению с поверхностью. Распределение фосфатов в толще зависит от активности продукционно-деструкционных процессов. В районах, где у дна наблюдается дефицит кислорода (концентрации кислорода 0,56 - 0,78 мг/л на горизонте 10 м и 0,29 мг/л на горизонте 5 м), фосфор содержится в концентрациях, превышающих поверхностные, что может свидетельствовать об образовании фосфатов в результате деструкции органического вещества. Максимальные концентрации валового фосфора были отмечены в зоне влияния устьевой области Волги - до 58 мкг/л.

Картина пространственного распределения фосфатов аналогична распределению минеральных форм азота и характеризуется уменьшением концентраций соединений по мере удаления от устьевых областей в глубь центральной части Северного Каспия.

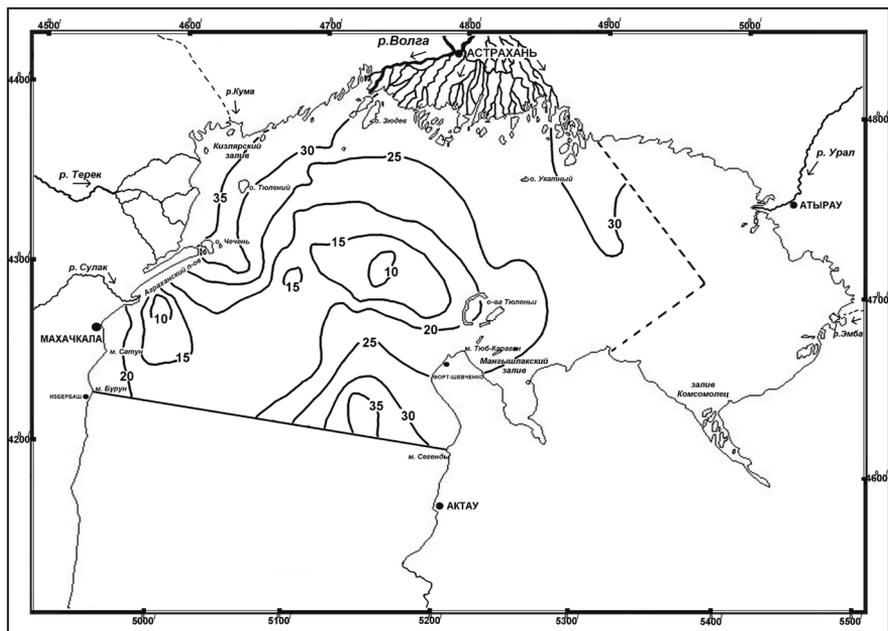


**~220** -  $\text{NH}_4$  в придонном горизонте,  $\text{мкг NH}_4/\text{л}$

**Рис. 1.17.** Распределение  $\text{NH}_4$  в придонном горизонте ( $\text{мкг NH}_4/\text{л}$ )  
[Экспедиционные исследования..., 2000]

Области максимальных концентраций фосфатов расположены по периметру устьевых областей рек Волги и Терека. Ядра концентраций более  $30 \text{ мкг/л}$  наблюдались также на северо-востоке Северного Каспия и в открытой части Среднего Каспия при продвижении к восточному побережью. Максимальная поверхностная концентрация фосфатов составила  $40 \text{ мкг/л}$  в центральной части акватории Среднего Каспия. По-видимому, одним из источников поступления повышенных концентраций минерального фосфора является сток р. Волги, поставляющий в море остатки органико-минеральных фосфорсодержащих удобрений, волжские воды несут фосфор в западном и восточном направлениях моря в зависимости от господствующего направления ветра. Другой возможный источник образования полей повышенной концентрации фосфатов - минерализация органического вещества, сосредоточенного в больших количествах в хорошо аэрируемых и прогретых районах.

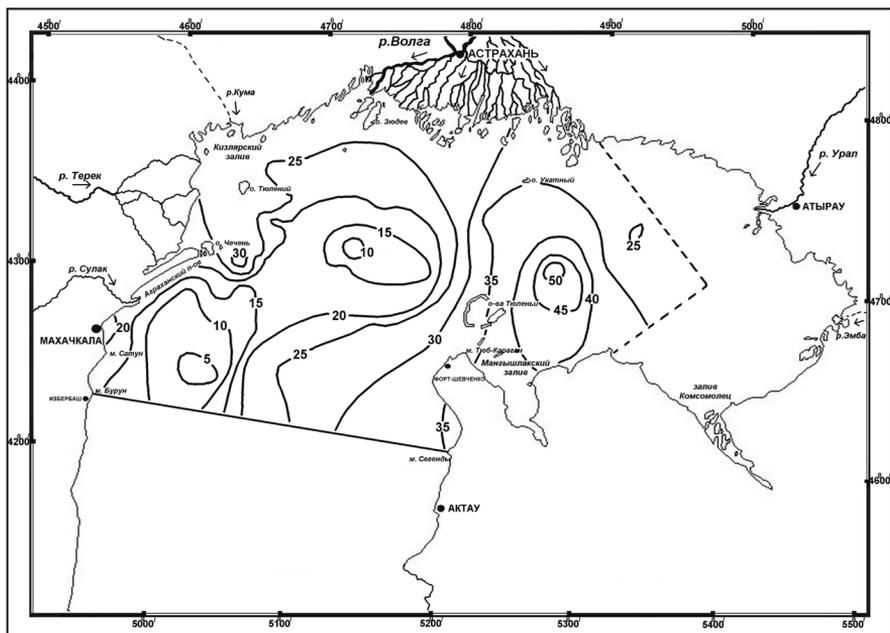
Растворенный кремний представлен, главным образом, в виде кремнекислоты, а также органических соединений. Кремний необходим живым организмам, особенно диатомовым для построения скелета.



**15** - Распределение  $PO_4$  на поверхности моря, мкг  $PO_4/л$

**Рис. 1.18.** Распределение  $PO_4$  на поверхности моря (мкг  $PO_4/л$ ) [Экспедиционные исследования..., 2000]

Основной источник поступления кремнекислоты в водоем - это продукты химического выветривания и растворения кремне содержащих минералов, поступающих с речным стоком. Распределение кремния в Северном Каспии определяется выносом его соединений речным стоком и потреблением кремния фитопланктоном (главным образом, диатомовыми водорослями). Наиболее высокие величины кремния наблюдались в районе непосредственного влияния стока Волги, наименьшие - в водах с высокой соленостью. Диапазон изменения концентрации кремнекислоты на поверхности исследуемых нами районов Каспия составил от 4 мкг/л в центральной мелководной части Северного Каспия до 455 мкг/л в районе устьевоего взморья Терека). Весной в восточной части моря кремний либо отсутствовал, либо был в очень незначительных количествах. В июне содержание кремния велико, но в июле и октябре оно уменьшается в связи с потреблением диатомовыми. В районах, удаленных от устьевых областей Волги и Урала, в условиях потребления этого биогенного компонента бурно вегетирующим фитопланктоном, концентрации кремния не превышают 80 мкг/л. Пространственное распределение кремния по поверхности имеет более сложный характер по сравнению с остальными биогенными соединениями. Вероятно, это связано с пятнистым распределением полей скопления фитопланктона в частности диатомовых водорослей, активно потребляющих кремний для построения своего скелета. В свою очередь пространственные миграции фитопланктона обусловлены циркуляцией водных масс.



 - Распределение  $PO_4$  в придонном горизонте, (мкг  $PO_4/л$ )

**Рис. 1.19. Распределение  $PO_4$  в придонном горизонте (мкг  $PO_4/л$ )**

[Экспедиционные исследования..., 2000]

Основной источник поступления кремнекислоты в воды исследуемых районов Каспийского моря - речной сток Волги и Терека. Максимальные концентрации кремнекислоты (около 400 мкг/л) были отмечены в районе устьевоего взморья р. Терек, что, по - видимому, объясняется выносом большого количества соединений кремния горной рекой. На северо-востоке исследуемых акваторий Северного Каспия наблюдались «пятна» повышенной концентрации кремнекислоты и на поверхности моря, и у дна [Экспедиционные исследования..., 2000].

Эвтрофикация вод Северного Каспия обеспечивается в основном поступлением биогенных элементов со стоком рек. В маловодные годы до 80% фосфора, поступающего в море из р. Урал, имеет антропогенное происхождение. Антропогенный биогенный сток формируется в основном за счет органических удобрений и сточных вод. Переизбыток биогенных элементов, осаждающихся в зоне пресного стока, вызывает цветение сине-зеленых водорослей и резкое снижение содержания растворенного кислорода (гипоксия). Почти аналогично, в летний период образуются зоны гипоксии в междуречье Эмба - Урал - Волга, чему в немалой степени способствует обилие гниющей водной растительности. На взморье р. Урал анаэробные условия создаются в донных отложениях. Под тонкой окисленной

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

пленкой, где формируются анаэробные условия, грунты обогащены сероводородом. При нарушении целостности такой пленки сероводород попадает в воду и связывает имеющийся кислород, вызывая локальную гипоксию. В зонах гипоксии происходит снижение численности кормовых организмов, особенно бентоса, сокращаются площади нагула промысловых рыб. В казахстанской части Каспия зоны эвтрофикации носят локальный характер. Их развитие приурочено ко второй половине лета - началу осени. В 90-е годы в связи со снижением доли антропогенной составляющей в биогенном стоке развитие эвтрофикации в большей степени обусловлено повышением уровня моря и поступлением биогенных элементов. Она развивается преимущественно на глубинах менее 1-2 м, в районах, прилегающих к зарослям высшей водной растительности [Экспедиционные исследования..., 2000].

### 1.7. Биологические сообщества

Основу фауны Каспийского моря составляют свободноживущие животные - инфузории (460 видов), ракообразные (312 видов), моллюски (119 видов) и рыбы (101 вид) [Каспийское море..., 1985; Касымов, 1987, 1994, 2001; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996; Иванов, 2000; Экологическая политика..., 2000; 2003; Панин и др., 2005]. Характерными особенностями фауны Каспийского моря являются бедность качественного состава, разнородный четвертной ее генезис, обилие эндемиков, что делает его одним из самых своеобразных солоноватых озер планеты [Зернов, 1949]. Современная фауна Каспия состоит в основном из фауны древнего происхождения, которая жила в отрыве от Мирового океана, поэтому долгое время не могла обновить свой состав [Каспийское море..., 1985; 1989]. В отличие от представителей фауны древнего происхождения, средиземноморские вселенцы характеризуются большей эвригалинностью и жизнестойкостью. Проникновение арктической фауны следует отнести к ледниковому (Бакинский бассейн) периоду и времени послеледниковой трансгрессии (Хазарская эпоха). Вселенцами в верхнекаспийскую ледниковую эпоху стали среднеземноморские палеовселенцы Хвалынского бассейна, проникшие в него по проливу Кума–Манычской впадины. В Каспийском море встречаются также тихоокеанские и атлантические вселенцы, представители средиземноморских видов. Каспийское море – важный рыбохозяйственный водоем, отличительной особенностью которого является самое большое стадо осетровых рыб в мире [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996; Иванов, 2000].

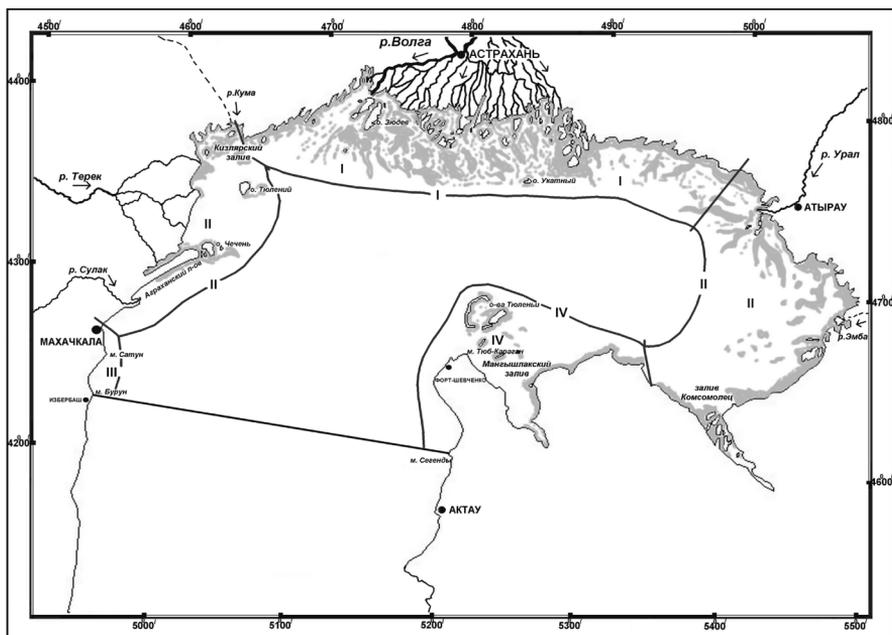
**Макрофиты (фитобентос).** Для Каспийского моря известно 87 видов макрофитов, относящихся к 5 типам, 8 классам, 17 порядкам, 24 семействам и 45 родам. Наиболее богаты семейства *Cladophoraceae* (11), *Characeae* (11) и *Ulvaceae* (10) [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Самый богатый род *Enteromorpha*. Основное ядро каспийской альгофлоры составляют зеленые водоросли (41,4% к общему числу видов) [Забержинская, 1968]. Общим для всего побережья Каспийского моря является:

1. наличие наибольшего числа видов и особей в двух горизонтах верхней сублиторали и первом горизонте средней сублиторали;
2. постепенное качественное и количественное обеднение флоры по направлению вверх и вниз от полосы расселения водорослей в двух горизонтах верхней сублиторали и первом горизонте средней сублиторали;
3. массовое развитие зеленых водорослей и преобладание их над представителями других типов водорослей в зонах супра- и псевдолиторали и I горизонте верхней сублиторали;
4. пышное разрастание видов красных водорослей от II горизонта верхней до I горизонта средней сублиторали;
5. опускание отдельных видов красных водорослей на глубины, максимальные для расселения макрофитов в Каспийском море - 40 м, где они никогда не образуют сомкнутого покрова, встречаясь редкими, часто единичными кустиками, корочками.

Исходя из гидрологических и экологических особенностей отдельных участков Каспия, а также учитывая отличия видового состава и распределения растительности на исследуемом участке, можно выделить четыре флористических района (*рис. 1.20*): I район – предустьевое пространство р. Волга, II район – Северный Каспий, III район – западное побережье Среднего Каспия, IV район – восточное побережье Среднего Каспия [Забержинская, 1968].

**Фитопланктон.** В фитопланктоне Северного Каспия в 1986-1994 гг. встречалось 230 видов, Среднего и Южного - 82 и 83 вида, соответственно [Каспийское море..., 1985]. По данным наиболее поздних сводок видовой состав планктонных микроводорослей только для Северного Каспия [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996] включает в себя более 400 видов (*Cyanophyta* - 90, *Chrysophyta* - 1, *Bacillariophyta* - 149, *Pyrrophyta* - 58 *Euglenophyta* - 7, *Chlorophyta* - 138). Однако, несмотря на систематическое разнообразие, руководящую роль в фитопланктоне играет небольшое число видов [Каспийское море..., 1985; Касымов, 1994; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996].

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



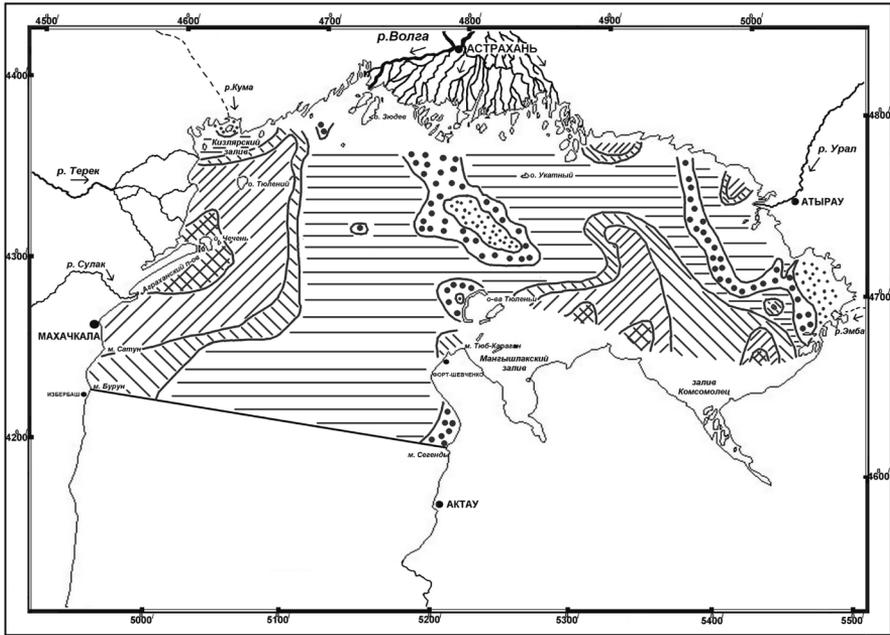
 - распределение водной растительности

 - номера и границы флористических районов: I район –

предустьевое пространство р. Волга; II район – Северный Каспий; III район – западное побережье Среднего Каспия; IV район – восточное побережье Среднего Каспия.

**Рис. 1.20.** Распределение высшей водной растительности и флористические районы [Забержинская, 1968; Хмелевский, Книжников, 2006]

Среди пресноводных форм по числу видов первое место занимают зеленые водоросли. Наиболее высокую биомассу (рис. 1.21) на мелководных участках образуют нитчатые водоросли рр. *Zygnema* и *Spirogyra* [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Синезеленые водоросли представлены пресноводными и солоновато-пресноводными видами. Имеются также морские и солоноватоводные формы, но их роль незначительна. Синезеленые и зеленые водоросли в основном приурочены к мелководным районам и, главным образом, предустьевому пространству Волги [Касымов, 2001]. Диатомовые водоросли широко распространены и представлены одинаково разнообразно во всех экологических группах. Они занимают ведущее место по числу видов, их видовой состав наиболее устойчив на протяжении всего вегетационного периода.



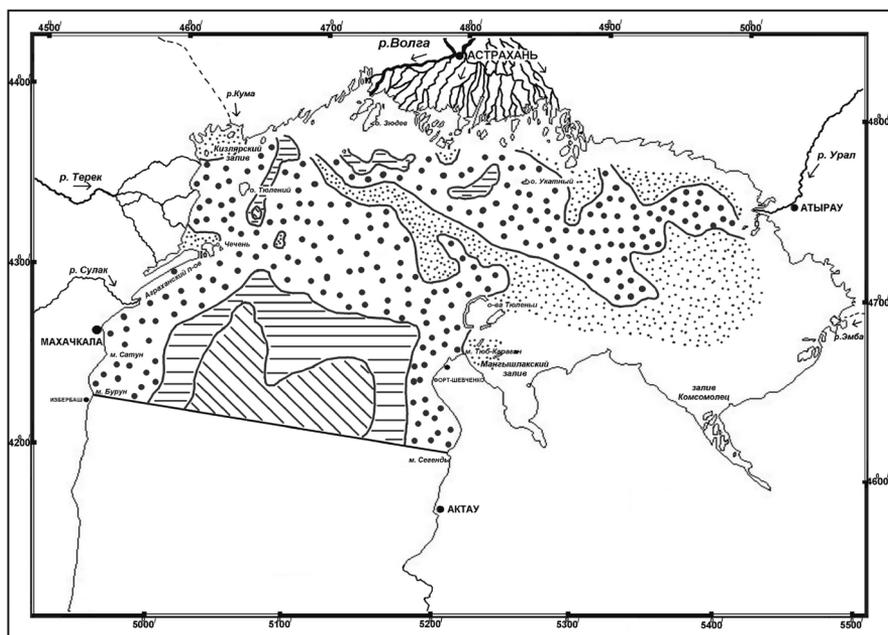
Биомасса фитопланктона:  - менее 50 мг/м<sup>3</sup>;  - 50-100 мг/м<sup>3</sup>;  - 100-500 мг/м<sup>3</sup>;  - 500-1000 мг/м<sup>3</sup>;  - 1000-5000 мг/м<sup>3</sup>;  5000-10000 мг/м<sup>3</sup>

**Рис. 1.21. Распределение биомассы фитопланктона в Каспийском море (поверхностный слой) в августе 1976 г. (мг/м<sup>3</sup>) [Каспийское море..., 1985]**

Ведущее место по биомассе занимает крупная морская водоросль *Rhizosolenia calcaravis* [Каспийское море, 1985], которая в настоящее время доминирует в фитопланктоне круглый год. Перидиниевые водоросли представлены, главным образом, морскими и солоноватоводными формами, которые имеют большое значение в трофике водоема. Особая роль принадлежит *Exuviaella cordata*, которая доминирует по численности и является основным кормом для зоопланктонных организмов. Пирофитовые в большей степени населяли глубинные участки моря, где соленость вод повышенная. В планктоне Каспийского моря встречено 5 видов эвгленовых и один вид золотистых водорослей. Видовое разнообразие фитопланктона уменьшается с севера на юг за счет выпадения пресноводных форм. Концентрация фитопланктона в западной половине Северного Каспия продолжает оставаться более высокой, чем в восточной, почти в 4 раза [Экологическая политика..., 2000; 2003]. Продукция фитопланктона Каспийского моря составляет около 2-2,2 млрд. т [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996; Панин и др., 2005]. Как живой, так и отмирающий фитопланктон является основным кормом для пелагических и донных животных [Касымов, 1987].

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

**Зоопланктон.** В Каспийском море обнаружено 592 вида зоопланктона, из них в Северном Каспии – 216 видов. По числу видов зоопланктон Северного Каспия значительно богаче Среднего и Южного Каспия. Это объясняется присутствием здесь представителей пресноводного планктона, заносимых водами Волги [Иванов, 2000]. Основную часть биомассы зоопланктона (рис. 1.22) составляют виды каспийского происхождения, из которых доминируют *Eurytemora minor*, *Polyphemus exiguus*, виды родов *Apagis* и *Cercopagis*.



Биомасса зоопланктона:  - менее  $1 \text{ г/м}^2$ ;  -  $1 - 5 \text{ г/м}^2$ ;  -  $5 - 10 \text{ г/м}^2$ ;  -  $10 - 25 \text{ г/м}^2$

**Рис. 1.22.** Распределение биомассы зоопланктона в Каспийском море в августе 1976 г. ( $\text{г/м}^2$ ) [Каспийское море..., 1985]

В планктоне Каспийского моря по числу видов преобладают инфузории, составляющие 42,8% всей фауны. Второе место занимают коловратки (21,3%) и третье – клadoцеры (17,1%). В продуктивности зоопланктона главную роль играют инфузории, клadoцеры, копеподы, мизиды и личинки донных беспозвоночных животных [Касымов, 2001]. Весной в планктоне доминируют эвригалинные и морские копеподы, среди которых массовое развитие достигают *C. aquae dulcis* и *H. Caspia*, которые зимуют подо льдом и начинают размножаться уже в апреле. Морские виды глубоко проникают в Северный Каспий до начала паводка с водами из Среднего Каспия [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Среди них преобладает эвритемора, которая не достигает значительного развития. Средняя биомасса

зоопланктона в западной части Северного Каспия составляет 0,15–0,43 г/м<sup>2</sup> [Касымов, 2001]. В целом, в западной части Северного Каспия максимальная биомасса зоопланктона наблюдается летом при преобладании пресноводных форм. На востоке они развиваются слабо и максимальное развитие их отмечается осенью за счет эвригалинных видов [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Динамика общей биомассы зоопланктона в Северном Каспии представлена в *таблице 1.8*.

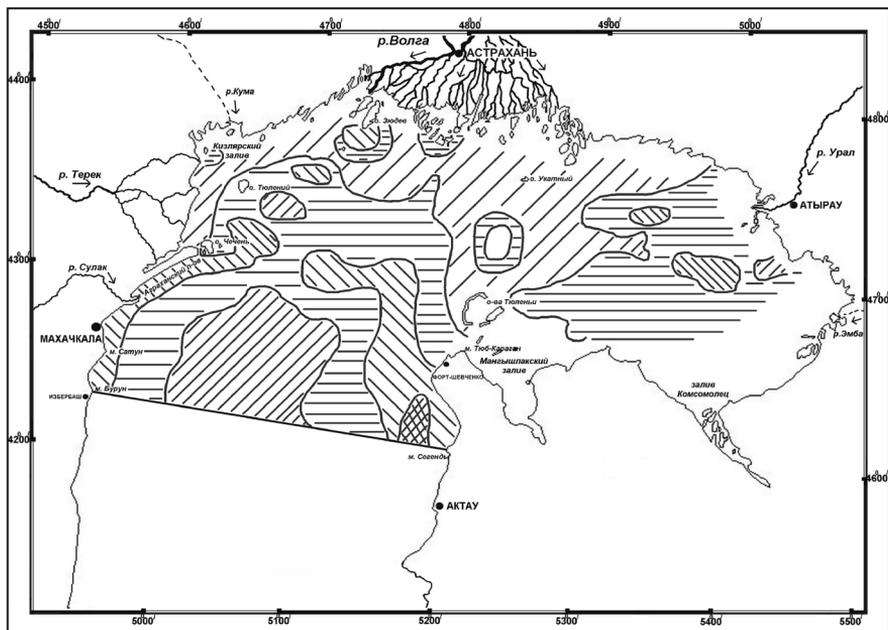
**Таблица 1.8.** Биомасса зоопланктона в Северном Каспии в 1980 – 2000 гг.  
[Отчет..., 2001; Сокольский, Курашова и др., 2002]

| Год  | 1980 | 1985  | 1990  | 1995  | 2000  |
|--|------|-------|-------|-------|-------|
| Общая биомасса зоопланктона (мг/м <sup>3</sup> ) | 387  | 729,3 | 738,1 | 207,5 | 503,5 |

**Зообентос.** Из 1246 видов (без паразитических видов и птиц) свободноживущих животных в Каспийском море к микробентосу относятся 502 вида. В макробентосе найдены 307 видов и подвидов беспозвоночных животных, среди них по числу видов доминируют моллюски (119 видов), второе место занимают амфиподы (74 вида) и третье – олигохеты (31 вид) [Касымов, 2001]. В бентосе Каспийского моря преобладают растительоядные животные – потребители планктонных и бентосных водорослей, а также детрита [Каспийское море..., 1985; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996].

Хищные беспозвоночные имеют слабое развитие [Иванов, 2000]. Наиболее многочисленны двухстворчатые моллюски. Большинство мелких полихет (амфаретид) собирает частицы растительного детрита с поверхности осадков или отцеживает их из придонного слоя воды. Крупные полихеты (нерейс) – всеядны, поглощают поверхностный слой осадка вместе с остатками водорослей и мелкими животными. Донные ракообразные (амфиподы, кумовые, мизиды) также питаются водорослями и детритом. Наиболее продуктивным районом Северного Каспия является зона на границе со Средним Каспием (*рис. 1.23*), где биомасса бентоса достигает до 500 г/м<sup>2</sup>. Здесь большое развитие достигают средиземноморские виды, в частности *Nereis diversicolor*, *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata* [Касымов, 2001]. Для значительной площади Северного Каспия характерна более низкая биомасса бентоса (1–30 г/м<sup>2</sup>), а в глубоких зонах биомасса достигает 100 г/м<sup>2</sup> [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. Данные по изменению общей биомассы зообентоса в северной части моря за период 1980 – 2000 гг. представлены в *таблице 1.9*. Распределение донных беспозвоночных в значительной мере определяется соленостью. Биомасса форм средиземноморского комплекса увеличивается с севера на юг и с глубиной [Каспийское море..., 1985].

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



Биомасса бентоса:  - 1-30 г/м<sup>2</sup>;  - 30-100 г/м<sup>2</sup>;  - 100-500 г/м<sup>2</sup>;  
 - 500-1000г/м<sup>2</sup>

**Рис. 1.23. Распределение общей биомассы бентоса в Каспийском море в августе 1976 г. [Каспийское море..., 1985]**

**Таблица 1.9. Биомасса зообентоса в Северном Каспии в 1980 – 2000 гг. [Отчет..., 2001; Сокольский, Курашова и др., 2002]**

| Год   | 1980 | 1985 | 1990  | 1995 | 2000 |
|---|------|------|-------|------|------|
| Общая биомасса зообентоса (г/м <sup>2</sup> ) | 56,5 | 94,9 | 109,9 | 47,8 | 49,9 |

Массовое развитие большинства видов пресноводного и автохтонного комплексов наблюдается на глубинах менее 6 м. Многие виды обнаруживают приуроченность к определенным типам грунта [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. *Didacna trigonoides* образует поселения наибольшей плотности на ракушечных и илесто-ракушечных грунтах. Моллюски родов *Abra* и *Cerasroderma*, полихеты *Nereis diversicolor* широко распространены на грунтах с примесью ила.

В Северном Каспии глубины моря от 3 до 25 м заселены аброй (до 22 г/м<sup>2</sup>) [Отчет о результатах..., 2001]. На этих же глубинах большого развития достигает церастодерма. Скопления nereиса наблюдаются в районе островов Тюленьего, Кулалы, Ракушечный. Гаммариды наиболее обильны в предустьевом пространстве Волги (до 10 г/м<sup>2</sup>), а в остальных областях – не более 1 г/м<sup>2</sup>. В восточной части Северного Каспия корофииды занимают обширные площади, прилегающие к р. Урал [Касымов, 1994; 2001].

**Ихтиофауна.** По разным оценкам ихтиофауна Каспийского моря насчитывает от 124 до 156 видов и подвидов рыб [Каспийское море, 1989; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. При небольшом разнообразии видового состава, по сравнению с Черным и Средиземным морями, Каспийское море является самым продуктивным по величине ихтиомассы, среди южно-европейских морей [Иванов, 2000]. В составе ихтиофауны очень много эндемичных видов и родов, особенно их много среди сельдевых и бычковых. Основная масса каспийских рыб обитает в прибрежной зоне моря до глубин 50-75м [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996]. По преимущественному местообитанию осетра, севрюгу, воблу, леща, сазана, судака, сома, все виды бычков и пуголовок достаточно условно относят к придонным рыбам Каспия. Все виды сельдей, килек, атерину, кефаль, белугу, жерева, чехонь относят к пелагическим. По массе в море преобладают пелагические рыбы, главным образом кильки [Каспийское море..., 1989].

К типично морским рыбам Каспия относят: сельдевых из рода *Clupeonella* - кильки и *Alosa*, игловых семейства *Syngnathidae*, кефалевых *Migilidae* и бычковых - *Gobiidae*, хотя многие из них могут жить в широком диапазоне солености. Наиболее многочисленны из них кильки и бычки [Каспийское море..., 1989]. Полупроходные и речные (пресноводные) рыбы Каспия представлены в основном семейством карповых (*Cyprinidae*), которые демонстрируют широкий диапазон эвригалинности. Безусловное численное превосходство имеет северо-каспийская вобла - *Rutilus rutilus caspicus*, а также жерева - *Aspius aspius* и лещ - *Abramis brama orientalis*. В устьях рек Волга, Терек, Урал, Эмба весьма многочисленны рыбы, которых принято считать пресноводными или солоноватоводными. К их числу можно отнести: сома, щуку, окуня, красноперку, судака, сазана. Особое положение в ихтиофауне Каспийского моря занимают бычковые рыбы. Их видовое разнообразие, 35 видов и подвидов, сравнимо с океаническими бассейнами [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1996].

Проходные рыбы (осетровые, кроме стерляди, волжская сельдь, минога, шемая и другие) большую часть жизни проводят в море, а на нерест поднимаются далеко вверх по рекам. Полупроходные рыбы (вобла, лещ, сазан, судак и другие) обитают в опресненных районах Каспия, на нерест заходят в низовья рек. Речные рыбы (стерлядь, щука, сом и другие) живут в пресной воде и редко встречаются в опресненных участках Каспия. Для большинства рыб продолжительность жизни не превышает 6-8 лет, однако белуга доживает до 120 лет, осетр — до 50 лет и севрюга — до 30 лет. Наиболее короткий жизненный цикл у бычков и пуголовок — от 2 до 4 лет [Касымов, 2001].

В Каспийском море обитает шесть видов и один подвид осетровых, которые относятся к двум родам: *Huso* и *Acipenser*. Среди них наиболее многочисленными являются русский осетр (*A. gueldenstaedtii Brandt*) и севрюга (*A. stellatus Pallas*). Численность белуги (*Huso huso Linnaeus*) значительно ниже, а запасы шипа (*A. nudiventris Lovetsky*), персидского осетра (*A. persicus Borodin*) и стерляди (*A. ruthenus Linnaeus*) совсем невелики.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

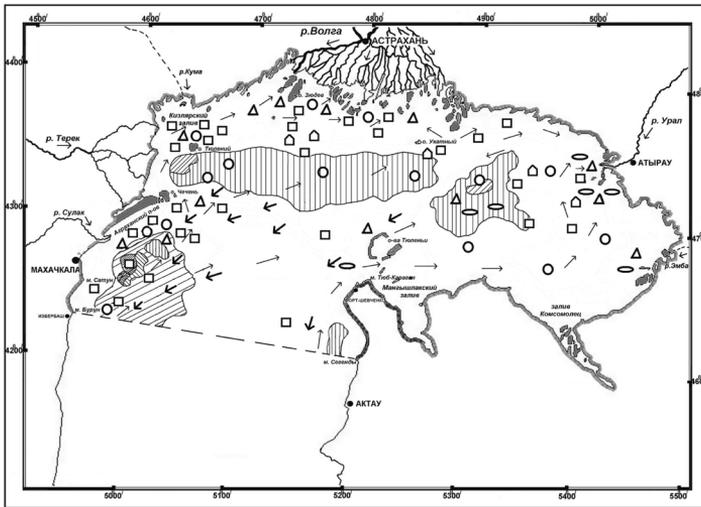
Проблема сохранения и увеличения запасов осетровых является одной из важнейших в рыбном хозяйстве Каспийского бассейна. Численность каспийских осетровых и их уловы никогда не были стабильными. На протяжении всей истории каспийского рыболовства уловы осетровых рыб претерпевали значительные колебания, которые определялись уровнем воспроизводства и интенсивностью промысла. Современное состояние запасов осетровых характеризуется резким сокращением численности, что нашло адекватное отражение в их вылове [Осетровые..., 1999]. В начале прошлого столетия уловы осетровых на Каспии достигали 39,4 тыс. т, высокие уловы отмечались в середине 70-х годов — 27,4 тыс. т. В 1990 г. вылов осетровых в Каспийском бассейне составлял 13,7 тыс. т, в 1995 г. — 2,9 тыс. т, а в 1997 г. — 1,845 тыс. т [Иванов, Мажник, 1997]. Во время проведения Всекаспийской морской экспедиции 2001 г. на 131 станции в Северном Каспии 30-футовым тралом (при экспозиции 30 минут за 1 траление) было выловлено 163 экземпляра осетровых рыб, в том числе белуги — 27 экз., русского осетра — 79 экз., персидского осетра — 9 экз., севрюги — 48 экз. Видовой состав траловых уловов показал, что доминирующим видом в Северном Каспии по-прежнему является русский осетр — 48,5%, доля севрюги и белуги составляет 29,4% и 16,6% соответственно, а доля персидского осетра значительно меньше — 5,5% [Отчет., 2001].

Современное состояние запасов каспийских осетровых рыб определяется сложным комплексом природных и антропогенных факторов. Из первой группы наиболее важными являются объем пресноводного стока, уровень моря, состояние кормовой базы и эффективность естественного воспроизводства; из второй — гидростроительство, регулирование промысла, искусственное воспроизводство, загрязнение (в том числе при добыче углеводородного сырья на шельфе). В последнее десятилетие добавился такой мощный фактор, как нелегальный морской и речной лов, который трудно поддается количественной оценке, но масштабы его значительно выше объема легальной промысловой добычи.

Основой сезонного распределения каспийских осетровых (*рис. 1.24*) являются горизонтально направленные миграции в весенне-летнее время с юга на север, а в осенне-зимнее, наоборот, с севера на юг. Осетр и севрюга, нагуливающиеся в летний период, распределяются по всей акватории Северного Каспия, однако наибольшие их скопления наблюдаются в западной части моря на глубинах до 10 м [Осетровые..., 1999]. В сентябре, с понижением температуры воды, осетровые перемещаются в воды Среднего Каспия. В зимнее время молодь осетровых мигрирует в южные районы моря, а часть взрослых рыб остается на зимовку на свалах глубин Северного Каспия [Биологические основы..., 1979; Кушнаренко, 2003]. Состав пищи осетровых разных видов вначале сходный, но по мере их роста все более различается. Так, белужата длиной до 20 см питаются, главным образом, мизидами, у более крупной белуги основу пищи составляет рыба (бычки, килька) [Каспийское море..., 1985]. Осетр на первом году жизни является ярко выраженным бентофагом, потребляя бокоплавов и нереиса, сеголетки севрюги питаются вначале амфиподами, затем мизидами, а еще более крупная молодь — мальками рыб [Гидрохимические условия..., 1996].

Молодь всех видов осетровых растет значительно быстрее молоди других видов рыб [Биологическая продуктивность..., 1974].

Из осетровых, обитающих в Каспийском бассейне, наиболее многочисленным всегда было стадо *русского осетра* (*Acipenser gueldenstaedtii*), которое располагало значительным нерестовым ареалом [Книпович, 1921; Каспийское море..., 1989; Научные основы..., 1998]. Основные места нагула (рис. 1.24) расположены в западной части Северного Каспия и шельфовой зоне Среднего Каспия [Осетровые..., 1999; Отчет о результатах..., 2001]. Ранний период развития проходит в речной воде, молодь скатывается в море, где растет до половозрелого состояния, после чего рыбы вновь возвращаются в реку для нереста. Личинки ранних стадий осетра питаются преимущественно зоопланктоном — дафниями, босминой, циклопами. В р. Урал личинки осетра потребляют и бентосные организмы: олигохет, полихет, корофиид, гаммарид, мизид, личинок и куколок хирономид. Покатная молодь питается придонными и донными организмами, преимущественно, гаммаридами, мизидами, корофиидами, хирономидами, олигохетами и амфаретидами.



Условные обозначения:

- границы ДПК района исследования; - границы берегов и островов;
- южная граница исследуемой акватории; - станции, где встречался русский осетр; - станции, где встречалась белуга; - станции, где встречался шип; - станции, где встречался персидский осетр; станции, где встречалась севрюга; - направление весенних миграций осетровых; - направление осенних миграций осетровых; - распределение осетровых летом; - летние плотностные скопления осетровых; - распределение осетровых зимой; - зимние плотностные скопления осетровых.

**Рис. 1.24. Картосхема района исследования с указанием мест распределения осетровых рыб по акватории и их миграционных путей**

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Осетр - преимущественно донный обитатель, его распределение приурочено, главным образом, к песчаным или илистым грунтам с повышенной концентрацией моллюсков [Легеза, 1972; Ким, Бокова, 2000]. Вдоль западных берегов Среднего Каспия придерживается всех типов грунта, а вдоль восточных берегов — лишь песчаного грунта. Совершает нагульные (сезонные, кормовые), анадромные нерестовые и посленерестовые миграции. Заходит на нерест в Волгу, в меньшем количестве - в Урал, в незначительном - в Терек, Куру. В зимнее время основные концентрации осетра располагаются вдоль западного побережья моря от о. Чечень до Куринской косы [Осетровые..., 1999]. Весной с началом прогрева воды осетр мигрирует в наиболее мелководные и кормные участки моря с глубинами до 30 м. Максимальные концентрации осетра отмечаются в западной части Северного Каспия при температуре воды 12-18°C на глубине 3-5 м между о. Малый Жемчужный и банкой Ракушечной и с юго-запада на северо-восток от о. Тюлений до о. Укатный в диапазоне глубин 9-10 м, а также вдоль западного побережья Среднего Каспия до Апшеронского полуострова. Распространение и сроки пребывания осетра осенью в Северном Каспии в основном зависят от температурных условий. Теплой осенью, при благоприятных термических условиях, наблюдается более длительная задержка осетра на нагульном ареале Северного Каспия. Осенью по мере охлаждения вод на мелководье и выедания кормовых организмов постепенно откочевывает в более глубокие области моря [Осетровые..., 1999; База данных..., 2002].

*Белуга (Huso huso)* по сравнению с другими видами осетровых рыб, немногочисленна, но имеет широкий ареал нагула. Обитает по всему морю, для размножения заходит в реки Каспийского бассейна: Волгу, Урал, Куру, Терек, Сефидруд. Нерестовый ход происходит в течение всего года. Нагульные миграции в море определяются миграцией кормовых объектов белуги (в основном сельдей, килек, бычков, карповых). В зимний период встречается на глубинах до 130-180 м, однако большая часть рыб придерживается глубин 10-60 м [Осетровые..., 1999; Отчет о результатах..., 2001]. Весной в Северном Каспии количество ее незначительно и в основном приурочено к западной части моря, ограничивается изобатой 8 м, при температуре воды 11-15°C. Летом белуга предпочитает мелководные пастбища центрального и восточного района северной части моря с глубинами от 2 до 30 м. Излюбленными местами нагула белуги уральского происхождения являются Уральская Бороздина, Казахский залив, восточное побережье Среднего Каспия и районы моря возле о. Огурчинский [Осетровые..., 1999; Состояние и сохранение..., 2000]. Осенью, при понижении температуры воды на мелководье, белуга мигрирует в глубоководные районы моря и ее распределение приближается к зимнему. Не осваивает глубоководные пастбища с повышенной прозрачностью воды [Отчет о результатах..., 2001].

*Персидский осетр (Acipenser persicus)* предпочитает более прогреваемые участки моря. Нагуливается в основном на материковой отмели Каспия, но местом преимущественного обитания являются воды южной части моря. В северной части моря как вид более теплолюбивый встречается значительно реже [Каспийское море..., 1985; Легеза, 1973; Песериди, 1986; Отчет о результатах..., 2001]. Единичные экземпляры встречаются на севере Каспия и на западе Среднего Каспия [Осетровые..., 1999; База данных..., 2002]. Зимой персидский осетр встречается на глубинах 20-40 м, летом - на глубине от 10 до 20 м., совершая регулярные сезонные перемещения по глубинам. Предпочитает песчаные, илисто-песчаные, песчано-илистые и илистые грунты [Осетровые..., 1999; Состояние и сохранение..., 2000]. На юго-западе Северного Каспия придерживался песчаного грунта и лишь частично илисто-песчаного. Заходит на нерест главным образом в р. Куру, в меньшем количестве – в Волгу и Урал, в реки дагестанского (Самур, Терек) и азербайджанского (Ленкоранка, Астара) побережий, в р. Сефидруд [Отчет о результатах..., 2001].

*Севрюга (Acipenser stellatus)* распространена по всему Каспию. Заходит на нерест в Волгу, Урал, Терек, Сулак, Куру. Передвигаясь в области больших глубин в море и реке, предпочитает держаться в толще воды. В пределах ареала осваивает богатые кормами свалы глубин и шельфовую зону моря, предпочитая илистые и песчано-илистые грунты, богатые гаммаридами и корофиидами [Вещев, 1998; Легеза, 1973]. Нерестится в руслах рек, преимущественно на каменистых грядах [Иванов, Мажник, 1997; Вещев, 1998]. На Волге нерестовая миграция осуществляется в основном по Главному банку, а покатная миграция преимущественно по восточным рукавам дельты. Зимовка севрюги происходит на шельфе западной части Среднего и Южного Каспия от о. Чечень до г. Астары. Основная масса рыб концентрируется на траверзе устья р. Сулак и г. Хачмас на глубинах 6-70 м при температуре 5-8°C, а в восточной части моря главным образом в районе Казахского залива и мыса Песчаный. Уральская севрюга зимует в Уральской и Мангышлакской бороздинах, волжская – у дагестанского и азербайджанского побережий [Осетровые..., 1999; Отчет о результатах..., 2001]. Весной совершает нерестовые (анадромные) миграции из Среднего и Южного Каспия в Северный, откуда половозрелые особи заходят на нерест в Волгу, Урал и реки дагестанского побережья. По мере прогрева водных масс весной происходит перераспределение севрюги по районам нагула в море. Часть ее мигрирует в Северный Каспий с последующим перераспределением с запада на восток, где она осваивает глубины 3-8 м с температурой 12-16°C. Летом севрюга избирает для откорма наиболее теплые воды, образуя максимальные концентрации в районе от о. Чечень до устья р. Сулак на глубине 5-30 м, с температурой 20-26°C [Ким, Бокова, 2000].

*Шун (Acipenser nudiiventris)* в Каспии распределен неравномерно. На восточных мелководьях Северного Каспия шип чрезвычайно редок, наибольшие скопления наблюдаются в уральской приустьевой области, где он концентрируется весной перед заходом в р. Урал [Борзенко, 1961; Иванов, Мажник, 1997; Научные основы..., 1998]. Миграционные пути пролегают вдоль казахстанских берегов Среднего Каспия. Обогнув п-ов Тюб-Караган, шип вдоль восточного свала Уральской Бороздины движется на север, в сторону о-ва Песчаный [Осетровые..., 1999]. В Волге вылавливаются единичные экземпляры. В наибольших количествах встречается в р. Урал [Отчет о результатах..., 2001].

Основой сезонного распределения осетровых Каспийского моря являются их миграции в весенне-летнее время с юга на север, а в осенне-зимнее, наоборот, с севера на юг [Биологическая продуктивность..., 1974; Ким, Бокова, 2000]. Осетр и севрюга, нагуливающиеся в летний период, распределяются по всей акватории Северного Каспия, однако наибольшие их скопления наблюдаются в западной части моря на глубинах до 10 м. Скотившаяся молодь из рек в течение месяца осваивает весь нагульный ареал от пресной воды до вод самой высокой солёности в Каспийском море. В сентябре, с понижением температуры воды, осетровые перемещаются в воды Среднего Каспия.

В зимнее время молодь осетровых мигрирует в южные районы моря, а часть взрослых рыб остается на зимовку на свалах глубин Северного Каспия [База данных..., 2002; Иванов, Сокольский, 2000]. Проблема сохранения и увеличения запасов осетровых является одной из важнейших в рыбном хозяйстве Каспийского бассейна. Современное состояние запасов каспийских осетровых рыб определяется сложным комплексом природных и антропогенных факторов. Из первой группы наиболее важными являются объем поступающего стока, уровень моря, состояние кормовой базы, эффективность естественного воспроизводства; из второй – нелегальный морской и речной лов, последствия зарегулирования стока рек, регулирование легального промысла, искусственное воспроизводство, антропогенное загрязнение [Иванов, 2000; Касымов, 2001; Научные основы..., 1998; Осетровые..., 1999]. Численность каспийских осетровых и их уловы никогда не были стабильными. На протяжении всей истории каспийского рыболовства уловы осетровых рыб претерпевали значительные колебания [Биологическая продуктивность..., 1974; Биологические основы..., 1979; Каспийское море..., 1989; Осетровые..., 1999].

В начале прошлого столетия уловы осетровых на Каспии достигали 39,4 тыс. т, высокие уловы отмечались в середине 70-х годов – 27,4 тыс. т. В 1990 г. вылов осетровых в Каспийском бассейне составлял 13,7 тыс. т, в 1995 г. – 2,9 тыс. т, в 1997 г. – 1,845 тыс. т [Иванов, Мажник, 1997; Сливка, Красиков и др., 1999]. В 2000 г. было выловлено 0,87 тыс. т осетровых

рыб, в 2001 г. — 0,81 тыс.т, в 2002 г. — 0,68 тыс.т, в 2003 г. — 0,65 тыс.т [База данных..., 2002; Осетровые..., 1999; Отчет о результатах..., 2001]. Видовой состав траловых уловов 2001 г. показал, что доминирующим видом в Северном Каспии по-прежнему является русский осетр — 48,5%, доля севрюги и белуги составляет 29,4% и 16,6% соответственно, доля персидского осетра значительно меньше — 5,5%, а шип в уловах встречается довольно редко [Отчет о результатах..., 2001].

**Донные сообщества.** Основная масса донных животных была сосредоточена в глубоководной зоне западной части Северного Каспия [Отчет о результатах..., 2001]. Основу зообентоса здесь формировали моллюски, главным образом морские виды, слабо используемые бентосоядными рыбами в пищу. На значительной площади этого района биомасса бентоса колебалась от 50 до 100 г/м<sup>2</sup> [Состояние и сохранение..., 2000]. На общем фоне выделялись участки в районе о. Малая Жемчужная и к западу от о. Кулалы, где в массе развивались *Mytilaster lineatus*, морские дидакны и *Hupanis angusticostata*. Кормовая база бентофагов на этих участках колебалась в широких пределах — от 8 до 240 г/м<sup>2</sup>. У западного побережья придельтового пространства биомассы бентоса колебались от 10 до 50 г/м<sup>2</sup>. Здесь зообентос был в основном кормовым и состоял из червей, ракообразных и моллюсков рода *Hupanis* [Отчет о результатах..., 2001]. По площади дна восточного района Северного Каспия донные животные распределялись более равномерно. На обширных участках этого района биомасса составляла от 10 до 50 г/м<sup>2</sup>. Повышенные скопления донных животных (от 50 до 120 г/м<sup>2</sup>) отмечались на участках, расположенных в приуральском районе. Доминировала в бентосе *Didacna trigonoides* [Состояние биоразнообразия..., 2000]. Как в западном, так и в восточном районах Северного Каспия отмечались площади дна с биомассой менее 10 г/м<sup>2</sup>, которые в основном были заселены червями.

По биомассе и распределению фитопланктона и бентоса [Отчет о результатах..., 2001; Состояние биоразнообразия..., 2000; Состояние и сохранение..., 2000] выделены следующие акватории: 1. Предустьевая зона Волги, 2. Юго-Западная акватория Северного Каспия, 3. Центральное мелководье Северного Каспия, 4. Юго-восточная акватория Северного Каспия, 5. Северо-восточная акватория Северного Каспия, 6. Уральская Бороздина.

*Предустьевая зона р. Волги* характеризуется значительным видовым разнообразием и высокой общей биомассой. Весной здесь преобладают диатомовые водоросли, среди которых доминируют *Stephanodiecus hantzeshii* и *Asterionella formosa*. К лету продуктивность района увеличивается, возрастает численность синезеленых водорослей. Массовыми становятся *Microcystis pulverea*, *Aphanisomenon floe-aqua* и р. *Anabaena*. Максимальная концентрация фитопланктона — в августе, доминируют крупные диатомеи р.р. *Actynocyclus*, *Coscinodiscus* и др. Среди синезе-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ленных водорослей наиболее многочисленны р.р. *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanisomenon*. Осенью основу биомассы фитопланктона также составляют диатомеи. Район характерен небольшими (до 6 м) глубинами, сильно опреснен. Это определяет состав донной фауны: доминируют олигохеты, полихеты и хирономиды. Средняя биомасса увеличивается от весны к лету. Летом видовой состав был наиболее богат — появляются различные моллюски и ракообразные (но они вносят небольшой вклад в общую биомассу). В некоторых зонах отмечено резкое обеднение фауны, и на дне можно встретить животных лишь одной таксономической группы (например, олигохеты - 96,7% численности бентоса).

*Юго-Запад Северного Каспия.* Весной доминируют диатомеи и зеленые водоросли. Летом продуктивность фитопланктона возрастает благодаря развитию диатомовой водоросли *Actinocyclus ehrenbergi*. Синезеленые водоросли представлены *Microcystis pulverea* и видами р. *Merismopedia*. К концу лета доля диатомовых водорослей значительно снижается, хотя они продолжают преобладать по биомассе; по численности же на первое место выходят синезеленые водоросли. Осенью высока численность синезеленых водорослей. В летнее время у дна периодически возникает дефицит кислорода. Доминируют более устойчивые к недостатку кислорода животные - олигохеты, некоторые полихеты, моллюски. За счет относительно высокой солености получили распространение черноморские вселенцы — *Nereis*, *Balanus*. К концу лета видовой состав становится богаче, появляются мизиды, доминируют моллюски, (до 89% биомассы бентоса).

*Центральное мелководье Северного Каспия.* Продуктивность фитопланктона весной значительно ниже, чем в предустьевой зоне р. Волги. Здесь преобладают диатомовые водоросли *Melosira islandica* и *Soeletonema subsalsum*. Зеленые водоросли представлены единично, синезеленые отсутствуют. Летом наиболее многочисленны синезеленые водоросли р. *Microcystis* и диатомея *Nitzschia holsatica*. Большая часть биомассы приходилась на диатомеи. Осенью наиболее распространенные — синезеленые водоросли *Microcystis pulverea*, *Merismopedia punctata* и, как и летом, зеленая водоросль *Phormidium sp.* Продуктивность значительно снижается. Соленость воды изменяется в широких пределах, что обуславливает относительное видовое разнообразие (до 25 видов). Район заселен ракообразными и моллюсками, встречаются азово-черноморские вселенцы — *Balanus*, *Abra*, *Nereis*. Доминируют олигохеты (до 70% численности бентоса).

*Юго-Восточная акватория Северного Каспия* наименее подвержена влиянию пресного стока волжских вод и характеризуется преобладанием ракообразных и моллюсков. Весной массовые виды — диатомеи *Melosira islandica* и *Stephanodiscus hantzschii*, зеленые и синезеленые водоросли практически отсутствуют. Летом фитопланктон богаче, по биомассе доминируют диатомеи, по численности преобладают различные виды р. *Merismopedia*. Осенью продуктивность уменьшается.

*Северо-восточная часть Северного Каспия.* Малые глубины. Широко распространены ракообразные. Фитопланктон весной беден и представлен только диатомовыми водорослями. Летом доминируют синезеленые водоросли. Осенью основу продукции фитопланктона составляет зеленая водоросль *Phormidium sp.* Биомасса низкая.

*Уральская Бороздина.* В фитопланктоне по численности и биомассе преобладают диатомеи, синезеленые водоросли отсутствуют весной. Летом встречаются не более 9 видов водорослей, продуктивность возрастает, в основном, за счет диатомовых, а численность — за счет синезеленых водорослей. Осенью численность и биомасса фитопланктона падает. В донных биоценозах преобладают олигохеты, кумовые раки и бокоплавы.

### 1.8. Загрязнение вод северной части Каспийского моря

Основной вклад в загрязнение Каспийского моря вносят распределенные источники (речной сток и дальний атмосферный перенос), а также локальные, расположенные на побережье моря. Это вынос с речным стоком, сброс неочищенных промышленных и сельскохозяйственных стоков, коммунально-бытовые сточные воды городов (в первую очередь, г. Астрахани) и поселков, расположенных на побережье. Значительный вклад в загрязнение моря вносят судоходство, эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, транспортировка нефти морским путем, а также вторичное загрязнение при дноуглубительных работах. При анализе литературных данных выявлено, что наиболее распространенными и оказывающими наиболее сильное негативное воздействие на гидробионтов загрязняющими веществами, которые поступают в северный регион Каспийского моря, являются НУ, СПАВ и фенолы. Поэтому данные показатели были выбраны из всего комплекса загрязняющих веществ для дальнейшего анализа.

**Нефтяные углеводороды** являются одними из основных загрязнителей, которые оказывают негативное воздействие на представителей экосистемы Каспийского моря. Многолетние исследования показывают, что межгодовая динамика содержания НУ в р. Волге и Северном Каспии синхронизирована. Увеличение или уменьшение концентраций НУ в волжской воде в каждом конкретном году сопровождается однонаправленным изменением содержания этого загрязнителя в Северном Каспии [Устьева область..., 1998].

Существует ряд источников поступления углеводородов в водную среду: из атмосферы, в результате водообмена со Средним Каспием, сбросов с морских судов, вторичного загрязнения и ряд других причин. Добыча нефти и газа на шельфе Северного Каспия также рассматривается как потенциальный источник загрязнения моря. Провести

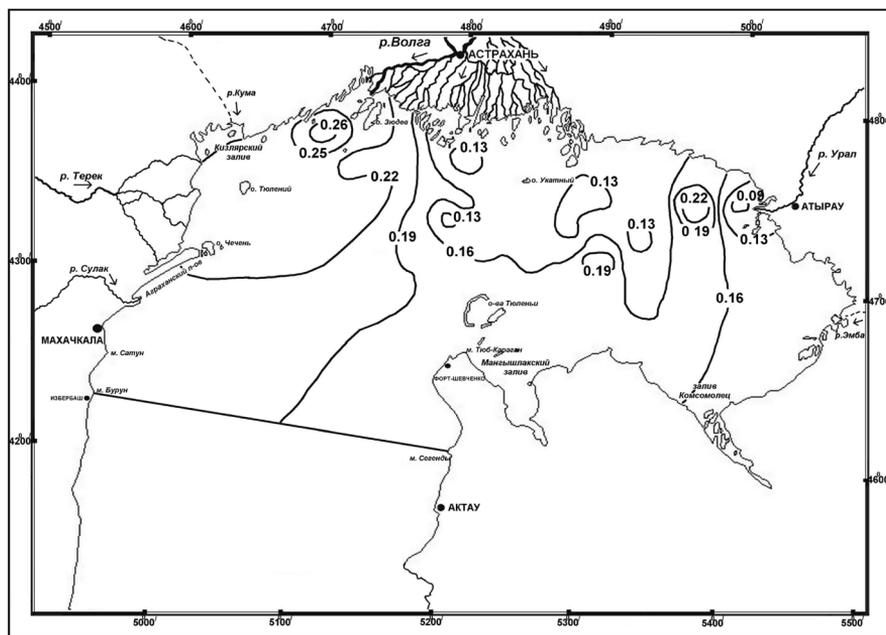
## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

дифференциацию малых количеств нефтяного загрязнения от естественного содержания углеводородов в морской среде чрезвычайно трудно, поэтому при оценке воздействия нефтедобычи на морскую среду северной части Каспийского моря справедливо учитывают, что существует немало других источников поступления загрязняющих веществ. В первую очередь это сток Волги, который играет ведущую роль не только в формировании гидрологического, гидрохимического, гидробиологического режима, биологической продуктивности, но и является основным путем вноса загрязняющих веществ в северную часть моря.

Большая часть загрязняющих веществ, поступающих с волжским стоком в вершину дельты, депонируется и ассимилируется в устьевой области, служащей мощным биофильтром и не менее мощным геохимическим барьером. В маловодные годы на морском крае дельты происходит накопление загрязняющих веществ, выносимых с речным стоком. В многоводные годы часть их выносится в море, однако в случае высокого стояния уровня моря эта часть практически полностью ассимилируется в отмелой зоне. Только в многоводные годы маловодного периода гидрологические условия благоприятствуют выносу загрязняющих веществ в приглубую зону Северного Каспия [Макарова, Курапов, 2002]. По данным мониторинга до 1992 г. [Ежегодник качества морских вод..., 1982; 1983; 1985 – 1992] суммарная концентрация НУ в водной толще изменялась в широких пределах и достигала 3,78 мг/л в октябре 1984 г. в западной части мелководного района Северного Каспия. Средняя за весь период наблюдений концентрация НУ составила 0,19 мг/л. Особенно высокие значения концентрации НУ наблюдались до 1985 г., в последующий период уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами значительно снизился, а средние концентрации, в основном, изменялись в пределах 0,1-0,2 мг/л. Пространственное распределение НУ отличалось неравномерностью. Наиболее загрязненными были воды взморья Урала, где средние значения НУ достигали 1,2 мг/л. Также повышенным было содержание НУ в юго-западной части Северного Каспия на границе с шельфом Дагестана. Среднегодовое распределение нефтяных углеводородов в период 1990 - 1992 гг. по акватории Северного Каспия представлено на *рис. 1.25*.

В 1993 - 2002 гг. средняя концентрация нефтяных углеводородов в воде Северного Каспия составила 0,067 мг/л, что соответствует данным исследований 2001-2003 гг. (средние величины изменялись от 0,029 до 0,073 мг/л) (Марченко, Долгов и др., 2005), но существенно ниже данных КаспНИРХ, определяющих границы средних значений в эти же годы в диапазоне 0,15-0,35 мг/л [Гераскин, Металлов и др., 2005]. В летние меся-

цы 1993–1996 гг. концентрация НУ в водах была невысокой. В 2001 г. году загрязнение вод Северного Каспия нефтяными углеводородами было наибольшим за десятилетие. Максимум (0,29 мг/л) был отмечен в конце июня в мористой части акватории. Высокие уровни были зафиксированы как в летний сезон, так и зимой. Летом – осенью 2002 г. концентрации НУ в воде резко снизились. Особенно высокий уровень загрязнения центральной части акватории летом 2001г. повлиял на повышение пространственной неоднородности распределения средних за десятилетие значений.



**0.13** – концентрация НУ, мг/л

**Рис. 1.25.** Среднегодовое распределение НУ (нефтяных углеводородов) в толще воды в 1990-1992 гг. (мг/л) [Устьевая область..., 1998]

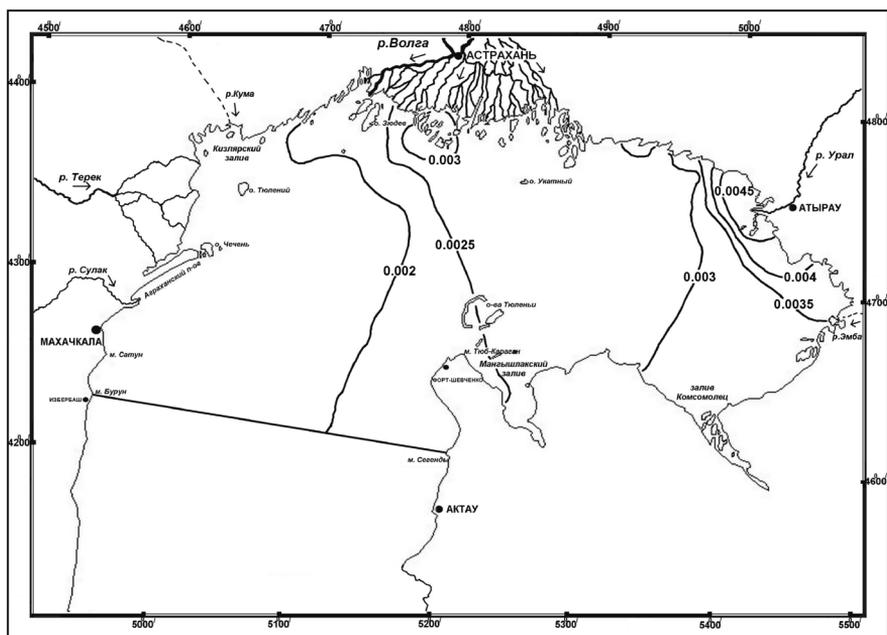
Необходимо отметить, что при измерении средних и суммарных концентраций НУ в морской среде возникает ряд методических проблем: для исследования проб используют разные методы химического анализа; часто отбор проб производится по разным створам и разрезам, а также сезонам года; большинство исследований не учитывает природную и антропогенную компоненту определяемых нефтяных углеводородов.

**Фенолы** техногенного происхождения попадают в природные воды со стоками нефтеперерабатывающих и других химических предприятий. В то же время в морской среде присутствуют фенолы, образующиеся в естественных условиях в процессе метаболизма органических остатков, биохимическом окислении и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях. Фенолы – соединения нестой-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

кие и, в зависимости от температуры воды, водородного показателя, насыщенности вод кислородом, в свою очередь, подвергаются биохимическому окислению, в котором активно участвуют фенолоксиляющие бактерии. При высоких концентрациях в морской воде фенолы оказывают не только прямое токсическое воздействие на живущие в ней организмы, но и изменяют газовый режим, влияют на содержание биогенных веществ. По сравнению с волжской водой концентрации фенолов в Северном Каспии в целом в 2 раза выше [Катунин, Курочкина и др., 1999]. Можно полагать, что это связано с природными процессами, т.к. количество фенолов, поступающих с речными водами, не способно столь значительно повысить уровень фенольного загрязнения моря. Из-за отсутствия на побережье Северного Каспия стоков фенолсодержащих соединений, большой зарастаемости мелководного Каспия высшей водной растительностью, при отмирании которой следует ожидать увеличения фенолов, роль природных условий Северного Каспия в формировании фенольного загрязнения является определяющей.

В период с 1978 по 1992 г. максимальная концентрация фенолов достигала 0,048 мг/л, обычно она не превышала 0,02 мг/л. Среднее значение фенолов по всей акватории составило 0,005 мг/л [Ежегодник качества морских вод..., 1982; 1983; 1985 – 1992]. Среднегодовое распределение фенолов в период 1990 – 1992 гг. по акватории Северного Каспия представлено на *рис. 1.26*.



**0.002** - концентрация фенолов, мг/л

**Рис. 1.26.** Среднегодовое распределение фенолов в толще воды в 1990-1992 гг. (мг/л) [Устьевая область..., 1998]

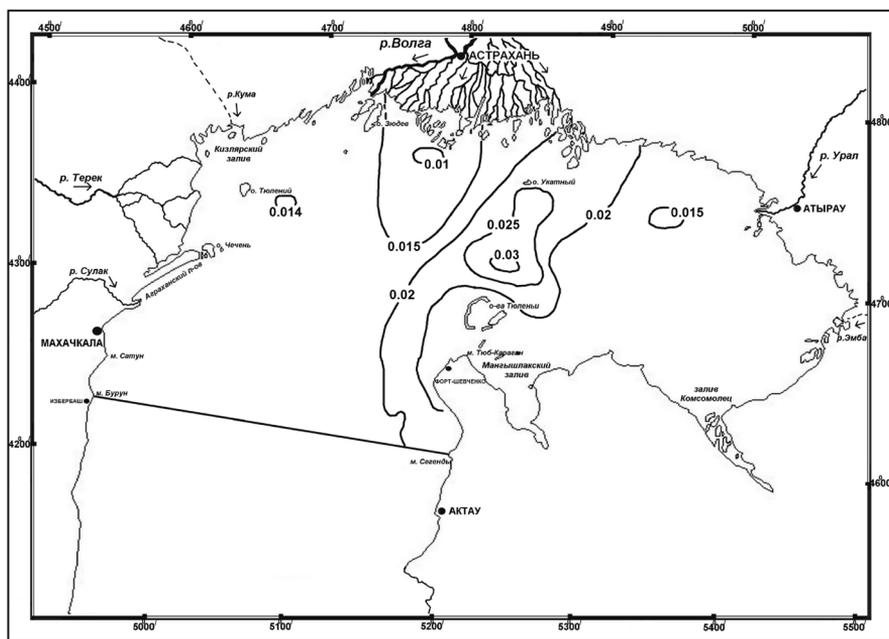
Для долговременной динамики концентраций фенолов в воде характерны значительные межгодовые колебания. Несколько пониженные величины отмечаются в зимний период, однако количество наблюдений в этот сезон очень небольшое, а в январе пробы вообще не отбирались. По данным КаспНИРХ диапазон колебаний среднегодовых значений в период до 1999 г. составлял 0,002-0,005 мг/л [Марченко, Долгов и др., 2005]. В осенне-зимний период 2000-2002 гг. средняя концентрация фенолов в воде составила 0,005 мг/л, что совпадает с результатами многолетнего мониторинга. Максимальные значения (0,017-0,018 мг/л) были отмечены в октябре 2002 г. в западной части Северного Каспия в зоне влияния стока волжских вод. В целом, концентрация фенолов в водах Северного Каспия весьма высока. Наибольшие концентрации фенолов (до 10-20 мкг/л), как правило, наблюдаются в теплое время года, зимой их концентрация обычно не превышает 5 мкг/л [Устьевая область..., 1998]. Обращая внимание на высокое содержание фенолов в северной части моря в период гидрологической зимы, нельзя не отметить в качестве возможного процесса фенольного загрязнения морских вод перенос органического материала (тростник и другая высшая водная растительность) из дельты Волги с речным стоком и льдом.

**Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ).** К ним относят органические вещества, обладающие выраженной способностью накапливаться на поверхности раздела фаз. СПАВ изменяют смачиваемость поверхностей твердых тел и создают устойчивость дисперсных систем и суспензий. Экологическое воздействие синтетических ПАВ отрицательное. В природной среде эти вещества устойчивы и разлагаются медленно. Присутствие в морской воде СПАВ сказывается в ухудшении кислородного режима, физико-биологического состояния вод. Источниками поступления поверхностно-активных веществ в море являются хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды. Концентрация их в воде уменьшается за счет биохимического окисления, сорбирования взвешенными частицами с последующим оседанием в донные отложения.

В период с 1978 по 1992 гг. средняя концентрация этой группы загрязняющих веществ на исследуемой акватории составила 0,054 мг/л [Ежегодник качества морских вод..., 1982; 1983; 1985 – 1992]. Повышенные значения отмечены в июле - сентябре, пониженные - в холодный период года. Наиболее высокие значения чаще всего характерны для западной части акватории Северного Каспия. С 1981 по 1983 гг. среднее содержание СПАВ в воде возросло до абсолютно максимального уровня значений 1,92 мг/л. Затем по 1988 г. наблюдалось значительное уменьшение среднее содержание СПАВ в воде до

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

абсолютно минимального уровня 0,07 мг/л. В 1989-1993 гг. среднее содержание СПАВ снова увеличивались до 0,053 мг/л. Среднегодовое распределение СПАВ в период 1990 - 1992 гг. по акватории Северного Каспия представлено на *рис. 1.27*.



 - концентрация СПАВ, мг/л

**Рис. 1.27.** Среднегодовое распределение СПАВ в толще воды в 1990-1992 гг., мг/л  
[Устьевая область..., 1998]

В 1997 г. СПАВ в воде были обнаружены в концентрациях от 0,007 до 0,363 мг/л (среднее значение 0,036 мг/л) [Ежегодник качества морских вод..., 1997]. В 1999 г. диапазон концентраций составлял 0,002 – 0,270 мг/л (при среднем значении 0,042 мг/л) [Ежегодник качества морских вод..., 2000; Обзор загрязнения..., 2000]. Средняя концентрация в ноябре 2000 г. и декабре 2001 г. составила 0,032 мг/л. Максимальные значения достигали 0,038 мг/л.

# ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ ДОННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

## 2.1. Материал и методы исследований

В целях обоснования физико-географической классификации и районирования ДПК анализировались полевые, фондовые и литературные данные различных параметров состояния морской среды исследуемого региона Каспийского моря. Была применена методика сбора и обработки всего исторического ряда наблюдений основных показателей компонентов ДПК за самый теплый (август) и самый холодный (февраль) месяцы на горизонтах 0 м и в придонном слое, интерполированных в узлах регулярной сетки с шагом  $25 \times 25$  км (рис. 2.1). Для каждой опорной точки, расположенной в узлах регулярной сетки, получены характеристики по 54 параметрам, которые вычислялись методом линейной интерполяции. Каждая точка была описана набором количественных и качественных показателей, характеризующих весь комплекс компонентов ландшафтов исследуемой акватории и его экологическое состояние (табл. 2.1), а именно: геолого-геоморфологических (глубина, тип рельефа), литологических (средний гранулометрический состав и тип донных отложений), гидродинамических (максимальная высота волн), климатических (значение среднемноголетних годовой, зимней (январь) и летней (июль) температур воздуха, суммарная и поглощенная солнечная радиация, радиационный баланс), гидрологических (значение среднемноголетних зимних (февраль) и летних (август) температур поверхностных и придонных вод, среднемноголетнего распространения льда), биологических (встречаемости пяти видов осетровых рыб, общие биомассы фито- и зоопланктона, зообентоса, биомассы доминирующих видов фито- и зоопланктона, зообентоса), гидрохимических (соленость поверхностных вод, концентрации в поверхностных водах и в донных отложениях  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{O}_2$ , рН, щелочность), антропогенного загрязнения (содержание нефтяных углеводородов (НУ), фенолов, синтетических поверхностно – активных веществ (СПАВ)).

Полученные данные были обработаны методом парного корреляционного анализа. Коэффициент корреляции  $r < 0,3$  указывает на слабую связь, при  $r = 0,3-0,5$  связь признается умеренной, при  $r = 0,5-0,7$  корреляция считается значительной, при  $r = 0,7-0,9$  – сильной, а при  $r \geq 0,9$  – очень

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

сильной, близкой к функциональной [Лукьянова, 1978]. Более половины элементов матрицы имеет величины  $r > 0,3$ ; следовательно, выбранные для анализа переменные достаточно репрезентативны [Браверман, Мучник, 1983]. Связь между показателями  $i$  и  $j$  ( $i \dots j = 1 \dots 54$ ) признается значимой, если коэффициент парной корреляции  $r_{ij} \geq 0,65$  и только такие пары показателей исследовались в дальнейшем.

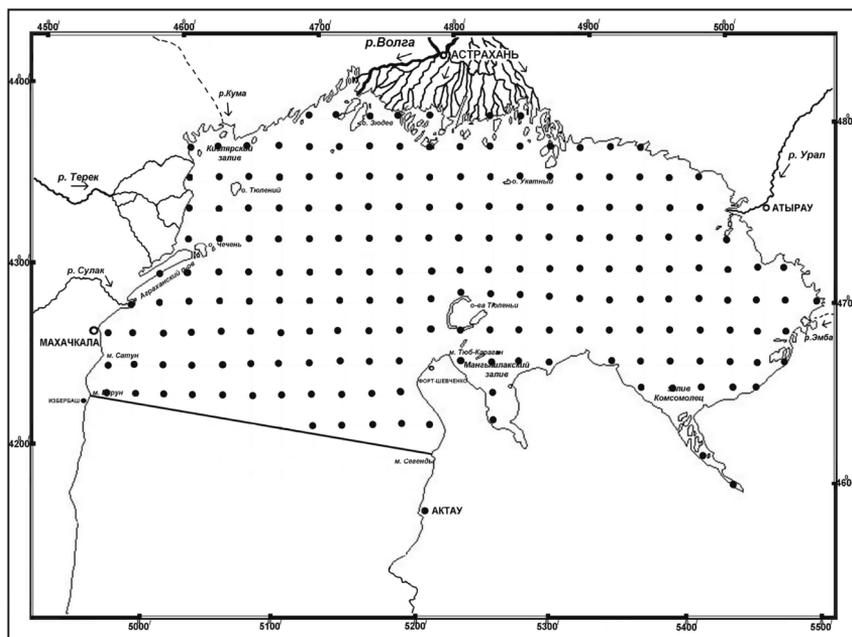


Рис. 2.1. Схема расположения точек наблюдений

Таблица 2.1. Параметры, вошедшие в базу данных

| N                                 | Переменные<br>(с указанием продолжительности рядов)                  | Единица измерения  | N             | Переменная<br>(с указанием продолжительности рядов) | Единица измерения |
|-----------------------------------|--|--------------------|---------------|---|-------------------|
| <i>Геолого-геоморфологические</i> |  |                    | 26            | $\text{NH}_4^+$ дно (1995-2000 гг.)                 | мкг /л            |
| 1                                 | Глубина  | м                  | 27            | $\text{PO}_4^-$ пов. (1995-2000 гг.)                | мкг/л             |
| <i>Литологические</i>             |  |                    | 28            | $\text{PO}_4^-$ дно (1995-2000 гг.)                 | мкг/л             |
| 2                                 | средний гранулометрический состав донных отложений (1975 – 1987 гг.) | мм                 | 29            | Si пов. (1995-2000 гг.)                             | мкг/л             |
| <i>Гидродинамические</i>          |  |                    | 30            | Si дно (1995-2000 гг.)                              | мкг/л             |
| 3                                 | максимальная высота волн (1967 – 1986 гг.)                           | м                  | 31            | $\text{O}_2$ пов. (1995-2000 гг.)                   | мг/л              |
| <i>Климатические</i>              |  |                    | 32            | $\text{O}_2$ дно (1995-2000 гг.)                    | мг/л              |
| 4                                 | суммарная солнечная радиация (1975 – 1983 гг.)                       | мДж/м <sup>2</sup> | Биологические |   |                   |

**СТРУКТУРА, ГИДРОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА**

|                        |  |                    |    |  |                    |
|------------------------|--|--------------------|----|--|--------------------|
| 5                      | поглощенная солнечная радиация (1975 – 1983 гг.)               | мДж/м <sup>2</sup> | 33 | биомасса зоопланктона (1986-1994 гг.)  | мг/м <sup>3</sup>  |
| 6                      | радиационный баланс (1975 – 1983 гг.)                          | мДж/м <sup>2</sup> | 34 | биомасса зоопланктона (1992 г.)  | мг/м <sup>3</sup>  |
| <i>Гидрологические</i> |  |                    | 35 | биомасса зоопланктона (1994 г.)  | мг/м <sup>3</sup>  |
| 7                      | среднемноголетнее распространение льда (1957 – 1985 гг.)       | балл               | 36 | биомасса зоопланктона (1999 г.)  | мг/м <sup>3</sup>  |
| 8                      | температура воды на поверхности моря (август) (1960-1983 гг.)  | (°С)               | 37 | биомасса фитопланктона (1986-1994 гг.)                                       | мг/м <sup>3</sup>  |
| 9                      | температура воды на поверхности моря (февраль) (1960-1983 гг.) | (°С)               | 38 | биомасса зообентоса (1986-1994 гг.)  | г/м <sup>2</sup>   |
| <i>Гидрохимические</i> |  |                    | 39 | биомасса зообентоса (1992 г.)  | г/м <sup>2</sup>   |
| 10                     | соленость поверхностного слоя воды (1990-1992 гг.)             | ‰                  | 40 | биомасса зообентоса (1994 г.)  | г/м <sup>2</sup>   |
| 11                     | рН (1961-1983 гг.)   |                    | 41 | биомасса зообентоса (1999 г.)  | г/м <sup>2</sup>   |
| 12                     | щелочность (1961-1983 гг.)                                     | ммоль/л            | 42 | биомасса <i>Abra ovata</i> (абра) (июль 1999 г.)                             | г/м <sup>2</sup>   |
| 13                     | CL <sup>-</sup> пов.* (1995-2000 гг.)                          | мг-экв/л           | 43 | биомасса <i>Hypanis angusticostata</i> (каспийская монодакна) (июнь 1992 г.) | г/м <sup>2</sup>   |
| 14                     | CL <sup>-</sup> дно** (1995-2000 гг.)                          | мг-экв/л           | 44 | распределение <i>Neogobius melanostomus</i> (бычок-кругляк) (1965-1989 гг.)  | балл               |
| 15                     | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> пов. (1995-2000 гг.)             | мг-экв/л           | 45 | распределение <i>Acartia tonsa</i> (акартия) (1983 г.)                       | экз/м <sup>3</sup> |
| 16                     | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> дно (1995-2000 гг.)              | мг-экв/л           | 46 | биомасса <i>Gammarus paxillus</i> (гаммарус) (июнь-август 1990 г.)           | г/м <sup>2</sup>   |
| 17                     | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> пов. (1995-2000 гг.)             | мг-экв/л           | 47 | биомасса <i>Rhizosolenia calcaravis</i> (ризосоления) (август 1990 г.)       | мг/м <sup>3</sup>  |
| 18                     | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> дно (1995-2000 гг.)              | мг-экв/л           | 48 | распределение осетровых рыб (1989 – 1994 гг.)                                | балл               |
| 19                     | Ca <sup>2+</sup> пов. (1995-2000 гг.)                          | мг-экв/л           | 49 | распределение русского осетра (1994 г.)                                      | балл               |

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

|    |   |                        |                              |  |      |
|----|---|------------------------|------------------------------|--|------|
| 20 | Ca <sup>2+</sup> дно(1995-2000 гг.)               | мг-экв/л               | 50                           | распределение пяти видов осетровых рыб (1967 – 2000 гг.) | балл |
| 21 | Mg <sup>2+</sup> пов. (1995-2000 гг.)             | мг-экв/л               | <i>Загрязняющие вещества</i> |  |      |
| 22 | Mg <sup>2+</sup> дно (1995-2000 гг.)              | мг-экв/л               | 51                           | содержание фенолов в толще воды (1990-1992 гг.)          | мг/л |
| 23 | NO <sub>3</sub> пов. (1995-2000 гг.)              | мкг NO <sub>3</sub> /л | 52                           | содержание суммарных НУ*** в толще воды (1990-1992 гг.)  | мг/л |
| 24 | NO <sub>3</sub> дно (1995-2000 гг.)               | мкг NO <sub>3</sub> /л | 53                           | содержание СПАВ**** в толще воды (1990-1992 гг.)         | мг/л |
| 25 | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> пов. (1995-2000 гг.) | мкг NH <sub>4</sub> /л | 54                           | расстояние от центра полосы основного стока Волги        | км   |

Примечание: \* – содержание в поверхностном слое воды, \*\* – содержание в придонном слое воды, \*\*\* – нефтяные углеводороды, \*\*\*\* – синтетические поверхностно-активные вещества

На втором этапе изучали физико-географическую структуру дна исследуемого региона. Существуют различные методы дискриминации факторов. Подбор параметра можно осуществить по фиксации одного из свойств ландшафтного компонента, что позволяет получить наиболее общий вид приоритетного параметра. Одним из способов выбора параметра является сбор максимального количества данных, определяющих состояние компонента ландшафта, а затем, с помощью статистических методов, выбор приоритетных параметров, определяющих состояние геоэкосистемы в целом. Нами использован количественный подход, чтобы сузить число факторов до возможного минимума. Такой подход, по мнению С.А. Пегова [1992], позволяет получить общий вид интегрального состояния ландшафта. Методологически этот подход близок концепции ландшафтообразующих факторов Н.А. Солнцева [1978]: состояние и измерение любого природного комплекса зависит от состояния и измерения 7 компонентов ландшафта. Поскольку максимальное число параметров, которое может учитывать человек при выборе решения, составляет 6-7 [Солнцев, 1963; Пегов, 1992], необходим отбор показателей, определяющих интегральное состояние каждого основного компонента ландшафта по его какой-либо одной основной функции. Критерии выбора параметров различны. Часто указание на интегральный параметр содержится в литературе и выделяется традиционными методами.

Одним из надежных способов выбора параметра является сбор максимального количества данных, характеризующих состояние каждого компонента ландшафта, а затем, с помощью статистических методов выбор наиболее важной переменной, определяющей 80 - 90% измерений

интегрального свойства компонента в целом. Метод был теоретически обоснован в работах Т.Д. Александровой [1975], применен для выявления основных компонентов ДПК Японского моря в работах Н.Н. Митиной [1993; 2005] и для Черного и Азовского морей [Митина, Чуприна, 2012].

Для обоснования ландшафтной иерархии количественными методами в исследуемый набор признаков включили 12 из 54 показателей (свойств компонентов ландшафтов), которые интегрально характеризуют основные компоненты ДПК (геоморфологию, литологию, гидрологию, гидродинамику, гидрохимию, биологию и экологическое состояние) региона (*табл. 2.2, рис. 2.2*): 1 — среднемноголетняя температура воды на поверхности моря, февраль (°С); 2 — гранулометрический состав донных отложений (мм); 3 — распределение целой и битой ракуши (проективное покрытие в %); 4 — содержание  $O_2$  (мг/л) на поверхности моря; 5 — среднегодовая соленость воды (‰) на поверхности моря; 6 — глубина (м); 7 — общая биомасса зоопланктона ( $г/м^2$ ); 8 — максимальная высота волн (м); 9 — общая биомасса фитопланктона ( $мг/м^3$ ); 10 — общая биомасса зообентоса ( $г/м^2$ ); 11 — среднемноголетняя температура воды поверхности моря, август (°С); 12 — среднегодовое содержание суммарных нефтяных углеводородов (НУ) (мг/л) в толще воды, поскольку НУ являются основным антропогенным и природным загрязнителем вод региона.

В результате, были выделены основные типы ДПК и обоснована их иерархия от физико-географической области до округа. Разработанная в данной работе методика классификация ДПК с применением статистических методов позволяет представить громоздкие первичные данные в компактной и обозримой форме и получить дополнительную информацию, не усматриваемую непосредственно при анализе множества карт, характеризующих природные компоненты и их экологическое состояние. Иерархическое деление ДПК от ландшафтов до фаций было обосновано традиционными методами визуально-поэлементного сопоставления компонентов ландшафта.

## 2.2. Районирование от физико-географических областей до округов

Каспийское море, как единица физико-географического районирования, является физико-географической страной, так как, согласно определению П.С. Щукина [1980], физико-географическая страна — часть материка, характеризующаяся единством геоструктуры (плита, молодые орогенические области, и т.п.), общими чертами макрорельефа (обширные низменные равнины, плоскогорья, крупные горные сооружения), некоторыми общими особенностями атмосферных процессов и макроклимата, своеобразием широтной зональности и ли высотной поясности (например, Русская равнина, Урал), а, следовательно, по отношению к акваториальным структурам — море.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

По особенностям геолого-геоморфологического строения, характеру подводного рельефа и физико-географическим условиям, в Каспийском море, являющемся физико-географической страной, можно выделить три крупных части – северная, средняя и южная. Самым мелководным является северная часть, являющаяся подводным продолжением Прикаспийской низменности, которая представляет собой низменные равнины, простирающиеся к северу от Каспийского моря. Средняя глубина этой части моря — 5-6 м, максимальная глубина — 15-20 м [Каспийское море..., 1986]. Современные природные комплексы дна северной части Каспийского моря формируются под воздействием постоянных колебаний уровня, господствующих течений, сгонно-нагонных ветров, поступления и распределения пресных вод с речным стоком, и, в значительной степени, определяются рельефом дна самого моря. Существенное влияние на природные комплексы акватории Каспия оказывает ледовый режим в северной его части и распространение плавающих льдов. Рельеф дна осложнен наличием банок, островов, бороздин [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1987]. Эти явления, приводящие к заметным перестройкам прибрежной зоны, оказывают большое влияние и на формирование ландшафтов берега.

Средняя часть моря представляет собой обособленную котловину, область максимальных глубин которой — Дербентская впадина — смещена к западному берегу. Средняя глубина этой части моря 190 м, наибольшая — 788 м. Западный склон Дербентской впадины узкий и крутой, восточный склон сильно растянут. Дно впадины представляет собой слабонаклоненную равнину с глубинами в основном от 400 до 600 м.

Южная часть моря отделена от средней Апшеронским порогом, являющимся продолжением Главного Кавказского хребта. Глубины над этим подводным гребнем не превышают 180 м. Наиболее глубоководная часть Южнокаспийской котловины с максимальной для моря глубиной 1025 м расположена восточнее дельты р. Куры. Над дном котловины поднимаются несколько подводных хребтов высотой до 500 м [Каспийское море..., 1986; Каспийское море..., 1987; Айбулатов, 2001; Глумов, Маловицкий и др., 2004].

Северную, Среднюю и Южную части Каспийского моря можно отнести к физико-географическим областям, как единицам физико-географического районирования, являющимся частями физико-географической страны, которые обособляются под влиянием новейших и современных движений земной коры, морских трансгрессий и регрессий, материковых оледенений, деятельности талых ледниковых вод и других аazonальных факторов. Физико-географическая область объединяет природные комплексы (ПК), близкие по возрасту и происхождению, хотя их территория может находиться в разных зонах и подзонах [Шукин, 1980], а по отношению к акваториальным ПК, это крупная, обособленная, вследствие тектонических, в том числе трансгрессионно-регрессионных процессов, часть

морского бассейна. Таким образом, к исследуемому региону относится вся Северокаспийская область и северная часть Среднекаспийской области.

Следующей по рангу единицей физико-географической районирования является подобласть. По К.М. Петрову [1975] подобласти строго ограничены пределами неритового пояса. Своеобразие природы подобластей определяется геолого-структурными элементами, продолжающимися с суши на морское дно. В северной части Каспийского моря обособлены две подобласти, как аazonальные физико-географические единицы, имеющие сложную геологическую историю, связанную с подъемом и опусканием уровня моря. Это Северокаспийская прибрежная подобласть, ландшафтное разнообразие которой обусловлено типом берегов и береговых ландшафтов [Леонтьев, Маев и др., 1977; Ландшафтная карта..., 1987] и Северокаспийская приглубая, сформированная бороздинами, речными долинами и другими затопленными эрозионными формами рельефа.

В Среднем Каспии данными исследованиями охвачена только его северная часть, где выделена подобласть материковой отмели.

По размерности зональным аналогом физико-географической подобласти является провинция. Провинция — региональная таксономическая единица физико-географического районирования, которая представляет собой часть географической зоны в пределах одной физико-географической области, выделяемая по морфологическим структурным признакам и особенностям климата. По К.М. Петрову [1989], подводные морские провинции также относятся к рангу зональной физико-географической дифференциации, и в морской среде выделяются по преобладающим ветрам и течениям, что в пределах Каспийского моря затруднено. Однако различие гидроклиматического режима позволяет выделить в пределах Северокаспийской области два ДПК такого ранга — Западную и Восточную провинции: Западная часть Северокаспийской области находится под влиянием стока волжских вод, которые обогащают местные воды питательными веществами и сильно опресняют их. Соленость здесь плавно возрастает от 0,12 до 7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Восточная часть Северокаспийской области начинается от Забурунья, включает предустьевую часть р. Урал, все восточное побережье и северную часть Уральской бороздины. Соленость здесь на большей части акватории постоянна, так как малый сток р. Урал не обеспечивает достаточное опреснение и колеблется от 4<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (в устьевой области) до 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> [Устьевая область..., 1998].

Т.о., в пределах Северокаспийской области естественно обособляются следующие по размерности элементы физико-географической классификации: четыре физико-географические округа. Это Западный округ Прибрежной подобласти, Западный округ Приглубой подобласти, Восточный округ Прибрежной подобласти и Восточный округ Приглубой подобласти.

Физико-географический округ — таксономическая единица физико-географического районирования, выделенная как промежуточная между физико-географической подобластью и районом на основании значительных различий в составе горных пород, в горных областях — по особенностям тектонических структур второго порядка и состава высотной поясности ландшафтов [Шукин, 1980]. Округа в акваториях выделяются внутри вертикальных поясов какого-либо яруса. Особенности их природы могут также определяться морфологическими структурами побережья, знаком и интенсивностью новейших и современных тектонических движений.

Западный и Восточный округа Прибрежной подобласти имеют особенности рельефа, связанных с ледовым режимом - частым образованием стамух в Восточном округе, в отличие от Западного, а также различным проявлением последствий колебаний уровня моря в прибрежной полосе. Западный и Восточный округа Приглубой подобласти также отличаются характером рельефа, связанным с частым образованием стамух в Восточном округе.

В исследуемой акватории подобласти Среднекаспийской материковой отмели обособлены относительно мелководный округ Волнового воздействия и более глубоководный округ Вневолнового воздействия (*табл. 2.2, рис. 2.2*).

### 2.3. Районирование физико-географических районов и ландшафтов

Физико-географический район, одна из низших таксономических единиц физико-географического районирования: геоморфологически и климатически обособленная часть области или провинции с характерным сочетанием растительных группировок и почв. Характерна определенная однородность как в зональном, так и в азональном отношении [Шукин, 1984]. Для данной акватории мы определяем физико-географические районы как естественно обособленные классификационные единицы физико-географического районирования, находящиеся в пределах физико-географической подобласти и имеющие характерные особенности гидроклимата и формирования донных грунтов.

В связи с данным определением, в пределах Западного округа Прибрежной подобласти обособлены следующие физико-географические районы: Сулакско-Терско-Кумская и Волжская придельтовая подводные аккумулятивные равнины, а в пределах Восточного округа Прибрежной подобласти обособлены районы Заволжско-Уральской подводной аккумулятивной равнины и Северного Мангышлака. Каждая морфологическая единица физико-географического районирования выполняет и

особые функции в экосистеме Каспийского моря. Например, для Сулакско-Терско-Кумской и Волжской придельтовой подводных аккумулятивных равнин наблюдаются наибольшие концентрации ракообразных, молоди рыб, а в весенний период — ихтиопланктона пелагических рыб. Здесь же массовое развитие имеет высоко значимый в рационе рыб-бентофагов солоноватоводный комплекс моллюсков [Каспийское море..., 1985; Научные основы..., 1998; Состояние биоразнообразия..., 2000]. Основные концентрации зоопланктона — кормовой базы молоди рыб, в первую очередь рыб-планктофагов сосредоточены на глубинах 3-6 м [Состояние и сохранение..., 2000]. К Северному Мангышлаку относится акватория юго-восточных и восточных мелководий Северного Каспия, являющаяся местом нагула рыб. В этом районе также отмечается массовое развитие ракообразных, обеспечивающих откорм молоди рыб [Каспийское море..., 1989; Курапов, 2006].

В пределах Северокаспийской приглубой подобласти, разделенной на Восточный и Западный округа, в связи с увеличивающейся по мере роста глубин монотонностью в структуре ДПК, вышеперечисленные признаки районов не наблюдается. На исследуемой акватории Среднекаспийской области в связи с резким увеличением глубин и незначительным по площади мелководьем физико-географические районы также не обособляются.

Следующей более низкой таксономической единицей регионального районирования, является ландшафт. Подводный ландшафт — это геоморфологически и климатически обособленная часть области (или провинции) с характерным сочетанием растительных группировок и почво-грунтов, для которого характерна определенная однородность, как в зональном, так и в азональном отношениях [Щукин, 1980]. Подводный ландшафт занимает генетически обособленную часть дна, характеризующуюся одинаковым геологическим строением, одним типом рельефа, относительно однородными гидрологическими условиями и донными грунтами, своеобразием состава населяющих его донных биоценозов. Каждый подводный ландшафт представляет собой сочетание свойственных только ему динамически сопряженных и закономерно повторяющихся в пространстве донных природных комплексов более низких иерархических уровней. Разнообразие форм микро- и мезорельефа, состава донных грунтов, гидрологических условий, видового состава донных биоценозов служит основой для выделения системы более мелких морфологических единиц внутри ландшафтной дифференциации [Петров, 1989]. Формирование подводного ландшафта мелководной зоны моря происходит не только под влиянием морской среды, но и берега, и даже материка, к которому он примыкает. Действительно, своеобразие природных комплексов прибрежной зоны моря обусловлено их положением на стыке основных природных сфер Земли. Это арена взаимодействия процессов, протекающих

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

на суше, в атмосфере, в толще морских вод и на дне. Поэтому ландшафты мелководной зоны моря имеют экотонную структуру, так как сформированы на границах суша-море, пресные воды — морские воды, вода-дно, вода-атмосфера, суша—атмосфера.

Обособление подводных ландшафтов в пределах Северокаспийской прибрежной подобласти часто, но не всегда, совпадает с подводным продолжением наземных физико-географических структур ландшафтного ранга. В огромном придельтовом пространстве р. Волги - Волжской подводной аккумулятивной равнине - обособлены ландшафты, различающиеся, в связи с часто изменяющимся уровнем моря по истории развития, тектоническому и геолого-геоморфологическому строению - внутреннего и внешнего приустьевоего взморья. В пределах Заволжско-Уральской подводной аккумулятивной равнины выделены следующие ландшафты: аккумулятивная равнина Волго-Уральского междуречья, Уральская аккумулятивная дельтовая равнина, аккумулятивная равнина Урало-Эмбенского междуречья. В пределах округа Сулакско-Терско-Кумская морской аккумулятивной равнины — Сулакская морская аккумулятивная равнина, Терская морская аккумулятивная равнина, морская аккумулятивная равнина Терско-Сулакского междуречья, Кумская морская аккумулятивная равнина, аккумулятивная равнина Кизлярских лиманов и Причерноземельная аккумулятивная равнина. В пределах побережья Северного Мангышлака выделены ландшафты: Прикаспийский Каракум, Сор Мертвый Култук, Бузачи, Мангышлакский залив.

В пределах Восточного округа Приглубой подобласти выделены подводные ландшафты Уральской бороздины и Урало-Эмбенской равнины, а в пределах Западного округа Приглубой подобласти выделены подводные ландшафты Волго-Каспийской равнины, различающиеся по истории развития, рельефу, глубинам, волновой и ледовой активности, уровню солености и температурному режиму вод. Для Волго-Каспийской равнины характерна высокая концентрация осетровых рыб и рыб-планктонофагов, совершающих нерестовые и нагульные миграции из Среднего Каспия в Северный [Осетровые..., 1999; Отчет о результатах..., 2001]. Уральская Бороздина является биотопом для массового развития червя nereis, являющегося одним из основных объектов питания северюги [Научные основы..., 1998; Курапов, 2006]. Каждый ДПК ранга подводного ландшафта имеет характерные черты, данные в определении. Например, ландшафты Волжской аккумулятивной придельтовой равнины охватывают наиболее опресненную, богатую биогенными элементами часть Северного Каспия, примыкающую к дельте Волги [Устьевая область..., 1998]. Для этих ландшафтов характерно сильное зарастание высшей подводной растительностью [Забержинская, 1968; Состояние и сохранение..., 2000]. В составе донной фауны встречаются пресноводные, слабосоленоватоводные, соленоватоводные животные. Морские формы встречаются единично. В маловодные годы наблюдается проникновение *Mytilaster*

*lineatus*, *Cerastoderma lamarcki*, увеличивается количество *Abra ovata*. Из слабосоленоватоводного комплекса моллюсков преобладают *Dreissena polymorpha andrusovi* и *Hypanis vitrea*. Плотность населения ракообразных высокая, однако, в маловодные годы она значительно уменьшается. Численность моллюсков в маловодные годы также резко уменьшается, а численность червей увеличивается [Каспийское море..., 1985; Осетровые..., 1999; Иванов, 2000].

Сток р. Урал невелик, однако акватория ландшафта морской аккумулятивной равнины Заволжско-Уральского междуречья подвержена некоторому воздействию уральских вод, соленость здесь колеблется от 2 до 7‰, глубины изменяются от 2,5 до 5,5 м, а поступление биогенных веществ меньше, чем в районах влияния р. Волги [Пахомова, Затучная, 1966; Устьевая область..., 1998]. В этой части акватории в основном представлены донные отложения, содержащие большое количество крупно- и среднезернистого песка, широко представлены гравийно-галечные и алеврито-песчаные грунты [Леонтьев, Маев и др., 1977; Хрусталеv, 1978]. Для донной фауны этого ландшафта характерны моллюски *Didacna trigonoides*, *Dreissena polymorpha andrusovi* наряду с *Hypanis angusticostata* и *H. vitrea*. В большом количестве всегда присутствует *A. ovata* [Отчет о результатах..., 2001]. Численность червей и ракообразных ниже, чем на акваториях Волго-Каспийской равнины и Волжской аккумулятивной дельтовой равнины [Каспийское море..., 1985].

В исследуемой акватории подобласти Среднекаспийской материковой отмели обособлены ландшафты эрозионно-структурной подводной террасы Мангышлакского порога, подводной абразионной террасы Северо-Кавказского предгорья, денудационно-эрозионной структурной прибрежной равнины п-ова Тюб-Караган, относящиеся к округу волнового воздействия, и ландшафты подводного продолжения Аграханской террасы, подводного продолжения Северо-Кавказского предгорья и ландшафт волнистой и наклонной шельфовой равнины, осложненной затопленными речными долинами и другими эрозионными формами рельефа, относящиеся к округу вневолнового воздействия (табл. 2.2, рис. 2.2).

Ландшафты крайней восточной части прибрежной подобласти Среднекаспийской области удалены от устьев крупных рек и меньше всего подвержены влиянию материкового стока, соленость колеблется от 4 до 10‰ и более [Каспийское море..., 1986; Состояние биоразнообразия..., 2000]. Донная фауна качественно мало отличается от северо-западного побережья. Однако количественно солоноватоводные моллюски, высшие ракообразные, пресноводные и солоноватоводные черви (олигохеты, амфаретиды) и хирономиды развиваются здесь менее интенсивно, чем в районах влияния стока рек Волги и Урала. Особенно небольшим количеством особей эти группы представлены в маловодные годы. Только средиземноморские виды – nereis из червей и abra из моллюсков способны создавать в маловодные годы высокую биомассу [Каспийское море..., 1985; Научные основы..., 1998].

### 2.4. Морфологическое (внутриландшафтное) районирование

Расчленение подводных ландшафтов называется морфологическим и происходит под влиянием местных изменений природных компонентов — литологической основы, микрогидроклимата, донных биоценозов. Основные единицы комплексного морфологического горизонтального расчленения — фации, урочища, факультативные единицы — местности, подурочища, ряды фаций [Петров, 1975].

Подводная местность это наиболее крупная часть внутриландшафтной дифференциации, обособление которой связано с локальными тектоническими формами рельефа. Она всегда представляет ярко выраженную ландшафтную аномалию морского мелководья, представляющая собой комплекс генетически, динамически и территориально связанных урочищ. Подводные местности в данном регионе обособляются в пределах подводного ландшафта Мангышлакского залива, имеющей различные локальные тектонические формы побережья абразионного и аккумулятивного происхождения и подразделяется на местность Кулалинской аккумулятивной террасы и местность абразионных склонов п-ова Тюб-Караган.

Подводные урочища, в зависимости от степени генетической однородности, могут быть простыми и сложными. Первые обладают однородной литогенной основой и общим планом геоморфологического строения, их внутренняя структура организована по принципу фациальности рядов. Вторые гетерогенны — им присуща либо мозаичная фациальная структура, либо гетерогенная литогенная основа. Сложные урочища, как правило, состоят из нескольких элементов мезоформ рельефа.

Урочища часто подразделяются на факультативные морфологические единицы — подурочища. Это сочетание сопряженных элементарных ДПК, обладающих ярко выраженным типологическим единством, обусловленным приуроченностью к элементарным формам мезорельефа: вершине, склону, подножию, днищу.

Подурочища четко выражены лишь при значительно расчлененном рельефе; на обширных пространствах подводных равнин нет необходимости в их выделении. Эти особые морфологические единицы иногда образуются из так называемых мозаик и рядов фаций. Примером деления подводного ландшафта на урочища является Уральская Бороздина — древнее подводное продолжение дельты р. Урал, которое представляет собой впадину со ступенчатыми террасированными склонами, борта которой достаточно отчетливо выражены с западной и юго-западной сторон, и слабовогнутым днищем. В ландшафте Уральской Бороздины выделены сложные урочища склонов, имеющих различные уклоны, кольцевую форму и сложное урочище днища. Днище

Бороздины состоит из простых урочищ выровненной подводной равнины, сложенной песчано-алевритовыми осадками и западин, сложенных глинисто-алевритовыми и алевритово-глинистыми илами. Донная фауна характеризуется количественным преобладанием средиземноморских моллюсков, слабым развитием, (особенно в маловодные годы) высших ракообразных и червей. В многоводные годы интенсивно развиваются олигохеты, амфаретиды, гаммариды, корофииды и кумацеи. В фитопланктоне по численности и биомассе во все сезоны преобладают диатомовые водоросли.

В пределах Северокаспийского побережья обособлены сложные урочища култуков и авандельт в ландшафтах подводных дельт рек Сулак, Терек, Кума, Урал. В подводной аккумулятивной равнине р. Волги в пределах ландшафта внутреннего придельтового устьевого взморья обособлены сложные урочища култуков и внутренней авандельты, а в пределах ландшафта внешнего придельтового устьевого взморья обособлены сложные урочища внешней авандельты и свала глубин. Все они различаются не только по рельефу, но и по особенностям гидрологического и гидрохимического режимов.

Ландшафт Урало-Эмбенской равнины представляет собой вогнутую морскую абразионно-аккумулятивную равнину, осложненную крупными формами рельефа (подводные ложбины и валы), составляющие простые и сложные урочища данного ландшафта. Соответственно склоны, вершины и днища составляют подурочища. Дно сложено с поверхности в основном крупно- и среднезернистыми песками, присутствуют гравийно-галечные и алеврито-песчаные грунты.

Преобладающую роль в формировании и распределении донных отложений играют ветровые течения. От прибрежной зоны ее отделяет полоса тростниковых зарослей, с запада ограничивает Уральская Бороздина. Плотность ракообразных, среди которых для восточного района наиболее характерен *Corophium nobile*, неуклонно уменьшается. Плотность червей и хирономид также ниже, чем в других районах, в маловодные годы заметно уменьшается количество амфаретид и олигохет [Каспийское море..., 1985].

ДПК Северного Каспия в значительной степени сформированы выносами впадающих в него рек. Особенности перераспределения водных масс способствуют формированию мозаичной структуры донных отложений и ДПК ранга простых урочищ. В условиях разнообразия донных осадков зообентос этого комплекса представлен сообществами с доминирующими видами всех трофических уровней.

Подводные ландшафты Западной провинции Северного Каспия состоят из пологонаклонных склонов морских равнин, созданных течениями волновой и сгонно-нагонной деятельности, аккумулятив-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ных равнин берегового склона и морских равнин комплексного происхождения с островами и отмелями. Пологонаклонные склоны этих равнин осложнены ложбинами, созданными затопленной речной сетью Волги, Терека и Кумы, ориентированной в основном с севера на юг осложнено серией валов, гряд, затопленных грив, межгрядовых понижений и бороздин ранга простых и сложных урочищ и подурочищ (*табл. 2.2, рис. 2.2*).

Данная провинция находится под влиянием стока волжских вод, которые обогащают местные воды питательными веществами и сильно опресняют их. Соленость варьируется в широком диапазоне от 0,12 до 7,0‰. Для донной фауны характерно преобладание моллюсков слабосоленатоводного и солоноватоводного реликтового комплекса – дрейссены, адакны, монодакны. В маловодные годы при повышении солености воды отмечается увеличение численности средиземноморских видов (абра, митилястер), в большом количестве развиваются высшие ракообразные, в особенности гаммариды и кумацеи.

В период резкого сокращения волжского стока количество всех ракообразных сильно уменьшается, а количество червей, особенно олигохет и амфаретид увеличивается, что, по-видимому, обусловлено уменьшением проточности и усиленным заилением грунтов [Каспийское море..., 1985].

Подводная фация является наименьшим донным природным комплексом. Она обычно приурочена к одной форме микрорельефа или одному элементу формы мезорельефа, сложена одной разновидностью современных донных отложений, характеризуется одинаковым гидрологическим режимом и занята одним донным биоценозом. Основным признаком выделения фации является биоценотическое сообщество. «Пестрая картина морфологической дифференциации береговой зоны моря может быть представлена мозаикой или рядами фаций. Они показывают характер организации фаций внутри ДПК более высокого ранга.

Мозаика фаций — сочетание генетически разнородных элементарных ДПК, распределенных и пределах равных глубин в сходных гидрологических и гидродинамических условиях.

Ряд фаций - сопряженная система фаций, в которой смена фаций, расположенных в топологической последовательности, вызывается усилением или ослаблением воздействия определенного фактора. Ведущим фактором их смены является направленное изменение гидрологического режима» [Петров, 1975].

Описание ряда выделенных фаций представлено в легенде к *рис. 2.2*.

Таблица 2.2. Структура и классификация ДПК северного региона Каспийского моря

| С т р а н а  | Область  | Подоб-<br>ласть  | О<br>к<br>р<br>у<br>г   | Р<br>а<br>й<br>о<br>н   | Ландшафт | Местность   | Сложные урочища*  |
|--|--|--|---|---|----------|---|---|
| К<br>А<br>С<br>П<br>И<br>Й<br>С<br>К<br>О<br>Е<br>М<br>О<br>Р<br>Е | I.<br>С<br>е<br>в<br>е<br>р<br>о<br>к<br>а<br>с<br>п<br>и<br>й<br>с<br>к<br>а<br>я | I.1<br>Севе-<br>рокас-<br>пий-<br>ская<br>при-<br>бреж-<br>ная | I.1aA<br>Западный<br>округ<br>Северокас-<br>пийской<br>прибрежной<br>подобласти | I.1A<br>Волжская<br>аккумуляти-<br>вная<br>придельтов<br>ая равнина<br>(гл. 0-4,5<br>м) | I.1A1    | Внутренне приустьевое взморье   | I.1A1/a/к Култуки<br>I.1A1/a/ав(в)<br>Внутренняя авандельта<br>I.1A2/б/ав(вн)<br>Внешняя авандельта<br>I.1A2/б/ст Свал глубин |
|  |  |  |   |   | I.1a1    | Сулакская дельтовая аллювиально-аккумулятивная заболоченная равнина (гл. 0-4,5 м) | I.1a1/a/к Култуки<br>I.1a1/a/ав Авандельта  |
|  |  |  |   |   | I.1a2    | Терская морская аккумулятивная дельтовая равнина (гл. 0-3 м)                      | I.1a2/a/к Култуки<br>I.1a2/a/ав Авандельта  |
|  |  |  |   |   | I.1a3    | Терско-Кумская морская аккумулятивная равнина междуручья (гл. 0-5 м)              | I.1a3/a/с Склоны  |
|  |  |  |   |   | I.1a4    | Морская аккумулятивная равнина Кизлярских лиманов (гл. 0-3,5 м)                   | I.1a4/a/с Склоны  |
|  |  |  |   |   | I.1a5    | Кумская дельтовая аккумулятивная равнина (гл. 0-2 м)                              | I.1a5/a/к Култуки<br>I.1a5/a/ав Авандельта  |
|  |  |  |   |   | I.1a6    | Причерноземельная морская аккумулятивная равнина (гл. 0-3 м)                      | I.1a6/a/с Склоны  |

# ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

|  |  |  |  |   |   |  |
|--|--|--|--|---|---|--|
|  |  |  |  |   |   |  |
| 1.2<br>Севе-<br>рокас-<br>пий-<br>ская<br>при-<br>глубая | 1.2а<br>Восточный<br>округ<br>Северо-<br>каспийской<br>приглубой<br>подобласти | 1.16<br>Заволжско<br>-<br>Уральская<br>акку-<br>мулятив-<br>ная<br>равнина | 1.161 Морская аккумулятивная равнина<br>Уралго-Эмбенского междуречья (гл. 0-4 м)                           |   | 1.161/а/с Склоны  |  |
|  |  |  | 1.162 Морская аккумулятивная<br>заболоченная равнина Волго-Уральского<br>междуречья с лагунами (гл. 0-4 м) |   | 1.162/а/с Склоны<br>1.162/а/лг Лагуны                           |  |
|  |  |  | 1.163 Уральская дельтовая аллювиально-<br>аккумулятивная равнина (гл. 0-4 м)                               |   | 1.162/а/б Болота<br>1.163/а/к Култукки<br>1.163/а/ав Авандельта |  |
|  |  |  | 1.1в Северный<br>Мангыл-<br>шлак   | 1.1в1 Прикаспийский Каракум (гл. 0-2,5 м)   | 1.1в1/а/с Склоны  |  |
|  |  |  |  | 1.1в2 Сор Мертвый Култук. Морская<br>поровая солончаковая аккумулятивная<br>равнина (гл. 0-2,5 м) | 1.1в2/а/с Склоны  |  |
|  |  |  |  | 1.1в3 Бузачи. Морская аккумулятивная<br>равнина (гл. 0-3,5 м)                                     | 1.1в3/а/сп Склоны<br>пологонаклонные                            |  |
|  |  |  |  | 1.1в4 Мангышлакский залив (гл. 0-5 м)   | 1.1в3/б/с Склоны<br>1.1в3/б/сб<br>Солончаковые болота           |  |
|  |  |  |  | 1.1в4/а<br>Кулалинская<br>аккумулятивная<br>терраса   |   |  |
|  |  |  |  | 1.1в4/б<br>Абразивный<br>бонч Мангыл-<br>шлакского п-ова  |   |  |
|  |  |  |  | 1.2а1 Уралго-Эмбенская равнина (гл. 2, 5-5-<br>м)   | 1.2а1/а/с Склоны  |  |
|  | 1.2а2 Уральская Бороздина (гл. 5-12 м)   | 1.2а2/а/с Склоны<br>1.2а2/а/д Днище<br>1.2а2/а/з Западины                  |  |   |   |  |





**Пустынные. Северо-пустынные. Восточно-европейские.**

*Морские аккумулятивные.* **304А.** Равнины плоские, с береговыми валами и косами, с редкими дюнами, лагунами, участками болот, с эфемерными сообществами, зарослями тростника, галофитно-луговыми и солянковыми сообществами; **304Б.** Равнины плоские, заболоченные, плавневые, с протоками, каналами, заливами, с береговыми валами и эоловыми формами, с заболоченными лугами, тростниковыми болотами, в сочетании с разнотравно-злаковыми лугами; **304Е.** Равнины плоские, с неглубокими каналами, протоками, с заболоченными лугами, участками тростниковых зарослей, в сочетании с солянковыми сообществами. *Дельтовые аккумулятивные.* **305А.** Равнины плоские, плавневые, с веерообразным расчленением, с руслами, каналами, заливами, озерами, с тростниковыми болотами, в сочетании с разнотравно-злаковыми лугами; **305В.** Равнины волнистые, с бэровскими буграми, грядами, широкими плоскими вытянутыми понижениями, с озерами, солончаками, участками полузакрепленных песков, со злаково-попынными степями, в сочетании с лугами, солянковыми сообществами и участками сельскохозяйственных земель. *Аллювиальные аккумулятивные.* **306А.** Поймы с участками низких террас, плоские и гривисто-западинные, с многочисленными старицами, протоками, рукавами, с ивняковыми лесами, с разнотравно-пырейными, разнотравно-осоковыми галофитными лугами, участками болот и сельскохозяйственных земель. *Солончаковые аккумулятивные.* **309Б.** Равнины шоровые, плоские, периодически затопляемые, нерасчлененные, практически лишенные растительности, с единичными солянками. *Эоловые аккумулятивные.* **312А.** Равнины бугристые, грядовые, реже барханные, с дефляционными и солончаковыми котловинами, с разреженной попынной и злаково-попынной растительностью пустынь, с лугово-солянковыми сообществами по понижениям и участками развеваемых песков.

**Пустынные. Северо-пустынные. Среднеазиатские.**

*Денудационно-эрозионные структурные.* **316А.** Склоны плато-«чинки» - крутые, с резко врезанными промоинами, структурно-ярусные, ступенчатые, с оползнями, сложенные терригенно-карбонатными и соленосными породами, лишенные растительности или с разреженной попынно-солянковой растительностью пустынь; **316Б.** Пологие склоны плато, мелкогрядовые и мелкокуэстовые, сложенные терригенно-карбонатными и терригенными породами, с попынно-солянковой растительностью.

## Описание ДПК исследованной акватории

### Область I. Северокаспийская

#### Подобласть I.1 Северокаспийская прибрежная

#### Округ I.1Аа Западный округ Северокаспийской прибрежной подобласти

**Район I.1А Волжская аккумулятивная придельтовая равнина** (глубина (гл.) 0-4,5 м)

Важнейшим фактором, определяющим характер и состояние природных (растительных и животных) ресурсов приустьевой акватории Волги, являются гидрологические условия. Прежде всего, это речной сток, его объем, качество воды и режим ее поступления в пределы устьевой области, а также динамика вод на устьевом взморье. На долю стока р. Волги приходится около 70% приходной части водного баланса Каспийского моря в целом. Поэтому изменение его объема сказывается не только на гидрологических условиях устьевой области Волги (дельты и устьевого взморья), но и на колебаниях уровня всего моря [Устьевая область..., 1998].

Биогенные элементы, поступающие в море с речным стоком, утилизируются в основном на мелководьях. В Северном Каспии их количество определяет степень развития фитопланктона, а через него и всех последующих звеньев трофической цепи. Гидрохимические условия формирования биологической продуктивности Северного Каспия существенно изменилось после создания на Волге водохранилищ. Уменьшилось поступление фосфатов, азота, но увеличилось поступление растворенных органических веществ, что ухудшило условия питания фитопланктона [Устьевая область..., 1998]. Эти явления усугубились после падения уровня моря, когда обширное мелководное пространство ниже дельты заросло макрофитами и стало играть роль биофильтра. Здесь аккумулировались взвешенные вещества, потребляются минеральные растворенные биогенные вещества и увеличивается (по сравнению с вершиной дельты) концентрация органических соединений. В результате уменьшения объема пресноводного стока и количества поступающих с ним биогенных элементов уменьшилась продуктивность Северного Каспия [Каспийское море..., 1985; Научные основы..., 1998].

По особенностям рельефа, гидрографии и гидрологическому режиму в дельте Волги различают надводную часть и предустьевое пространство — авандельту. В предустьевом пространстве выделяют култучную зону — переходную полосу между надводной частью и собственно авандельтой.

#### **ДПК I.1А1 Внутреннее придельтовое устьевое взморье** (гл. 0-7 м)

ДПК представляет собой густую сеть широких рек и узких протоков, которые делят сушу на множество островов. Для нее характерны бугры

Бэра, сухие русла, западины. Берега всех водотоков являются местами интенсивного отложения наносов, в результате чего оказываются самыми высокими участками суши (с высотой 0,5 — 1,7 м). В половодье действует множество проток, пересыхающих в межень. В нижней части надводной дельты многочисленны озера с зарослями гидрофитной растительности постепенно переходящие в тростниковые плавни.

Для култушной акватории характерны слабопроточные заливы с небольшими островками суши и подводными мелями. Эти заливы полосой от одного до нескольких километров шириной простираются вдоль всего края надводной дельты с глубинами в меженный период от 0,4 до 1,3 м, и во время половодий — от 1,0 до 2,3 м. Грунт вязкий, накопление его связано с аккумуляцией речных наносов и разложением растений. Верхняя граница култушной зоны проходит по устьям протоков и ериков, а нижняя — по началу появления прирусловых аккумулятивных форм рельефа. В суровые зимы култушная зона может промерзнуть на большей части акватории практически до дна. Берега култушной зоны представлены плоскими, плавневыми, с веерообразным расчленением равнинами, с руслами, каналами, заливами, озерами, с тростниковыми болотами, в сочетании с разнотравно-злаковыми лугами. Култушная (или островная) зона в основном занята плавающей и возвышающейся надводной растительностью, здесь много кувшинок, кубышек, нимфейника, чилима, рдеста, ближе к отмелям и островам растут ежеголовник, рогоз, тростник. В октябре многие виды надводных и подводных макрофитов начинают отмирать и опускаться на дно, тем самым способствуя интенсивному накоплению илов с множеством включений в этих отложениях остатков растительности [Устьевая область..., 1998].

ДПК I.1A1/а/к отличается сложными нестабильными гидрологическими условиями, в существенной мере определяемыми стоком Волги. Находится в зоне непосредственного влияния волжского стока, который формирует благоприятные гео- и гидрохимические условия для развития разнообразных бентосных сообществ [Устьевая область..., 1998]. Для ДПК характерны следующие ряды фаций:

1. авандельговые, накапливающиеся при осаждении взвеси, поступающей с волжским стоком, донные отложения представлены песчаными алевритами, алевропелитами, глинистыми алевритами [Леонтьев, Маев и др., 1977; Состояние и сохранение..., 2000];
2. авандельговые и волновые, относительно мелководные фации, формирующиеся за счет твердого стока Волги в условиях волнового перемешивания, преобладающий тип донных отложений - песок мелко- и тонкозернистый с примесью створок ракуши и ракушечного детрита.

ДПК I.1A1/a/ав(в) располагается в пределах зоны распреснённого прибрежного мелководья. Влияние волжского стока здесь заметно снижается и появляется постоянное волновое воздействие. В этих условиях формируются бентосные сообщества, основу которых составляют зарывающиеся или живущие на поверхности пресноводные моллюски и ракообразные [Устьевая область..., 1998]. Для данного ДПК характерны следующие ряды фаций:

1. относительно мелководные, удаленные от устья авандельты и волновые фации, формирующиеся за счет твердого стока Волги в условиях активного волнового перемешивания. На формирование отложений влияют региональные и локальные морские течения. Донные отложения — песок мелко- и тонкозернистый с примесью ракуши и ракушечного детрита.
2. фации ракушняковых банок, подводных кос, полей ракуши, приурочены к элементам мезорельефа, контролирующим накопление крупного карбонатного материала. Развитие отложений происходит под воздействием волновых процессов, донные отложения — ракуша, ракушечный детрит.

### ДПК I.1A2 Внешнее придельтовое устьевое взморье Волги (гл. 0-7 м)

Внешнее придельтовое устьевое взморье Волги — обширное мелководное пространство с множеством низменных островов, образовавшихся в результате обсыхания морского дна. Межостровные акватории имеют сглаженный рельеф. Дно их выстлано алевритом, местами илистым и мелким песком. Меженные глубины колеблются от 1,0 — 1,7, иногда до 2,5 м, а в половодье возрастают на 0,7-1,5 м.

Предустьевая зона р. Волги характеризуется значительным видовым разнообразием и высокой общей биомассой. Весной здесь преобладают диатомовые водоросли, среди которых доминируют *Stephanodiscus hantzeshii* и *Asterionella formosa*. К лету продуктивность района увеличивается, возрастает численность синезеленых водорослей. Массовыми становятся *Microcystis pulverea*, *Aphanizomenon flos-aquae* и р. *Anabaena*. Максимальная концентрация фитопланктона — в августе, доминируют крупные диатомеи р.р. *Actynocyclus*, *Coscinodiscus* и др. Среди синезеленых водорослей наиболее многочисленны *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*. Осенью основу биомассы фитопланктона также составляют диатомеи [Устьевая область..., 1998]. Характерны небольшие глубины, воды сильно опреснены, что определяет состав донной фауны: доминируют олигохеты, полихеты и хирономиды. Средняя биомасса увеличивается от весны к лету. Летом видовой состав был наиболее богат, появляются различные моллюски и ракообразные, но они имеют небольшой вклад в общую биомассу [Состояние и сохранение..., 2000; Иванов, 2000].

**ДПК I.1A2/б/ав(вн)** протягивается с запада на восток, вдоль авандельты, от границы влияния пресноводного стока до начала области формирования морских условий, для него характерен нестабильный гидрофизический режим. Это ДПК смешения морских и пресных вод, с преобладанием пресноводного стока [Устьевая область..., 1998; Состояние и сохранение..., 2000]. Преобладают следующие фации:

1. относительно мелководные, удаленные от устья авандельтовые и волновые фации, формирующиеся за счет твердого стока Волги в условиях активного волнового перемешивания. На формирование отложений влияют региональные и локальные морские течения. Донные отложения — песок мелко- и тонкозернистый с примесью створок ракуши и ракушечного детрита.
2. ракушняковых банок, подводных кос, полей распространения терригенно-карбонатного материала, в локализации которых важную роль играет рельеф дна, речной сток, параметры волнения. Донные отложения — ракуша, битая ракуша, ракушечный детрит, органогенный крупно- и среднезернистый песок [Лебедев, Маев и др., 1973; Леонтьев, Маев и др., 1977].

**ДПК I.1A2/б/сг** смешения морских и пресных вод с преобладанием морских вод со стабильным гидрофизическим режимом. Отличается от предыдущего гидрологическими условиями. Здесь уже не проявляются сгонно-нагонные явления, но течения зависят главным образом от направления и скорости ветра. Акватория является, по существу, границей (переходной) зоны между солоноватоводной и морской акваториями. Минеральные взвеси, приносимые речным стоком, флокулируют и выпадают здесь в осадок, увеличивая содержание илистых фракций в донных отложениях [Устьевая область..., 1998]. Для него характерны следующие фации:

1. относительно мелководные, находящиеся в мелководной предустьевой зоне, накопление алевритовых отложений и последующее перераспределение происходит за счет переноса и дифференциации осадочного материала под воздействием волнения моря и региональных течений, донные отложения - мелкозернистые, тонкозернистые и среднезернистые пески с примесью карбонатного материала;
2. ракушняковых банок, подводных кос, полей распространения терригенно-карбонатного материала, в локализации которых важную роль играет рельеф дна, речной сток, параметры волнения, донные отложения — ракуша, битая ракуша, ракушечный детрит, органогенный крупно- и среднезернистый песок. [Лебедев, Маев и др., 1973; Леонтьев, Маев и др., 1977].

### Округ ДПК I.1a Сулакско-Терско-Кумская аккумулятивная равнина

#### ДПК I.1a1 Сулакская дельтовая аллювиально-аккумулятивная заболоченная равнина (гл. 0-4,5 м)

Дельта реки Сулак (площадь около 70 км<sup>2</sup>) в настоящее время представляет в значительной степени заболоченное и заросшее тростником пространство. Гидрографическая сеть представлена современным руслом реки, отмершей «старой» дельтой и лагунами. Ландшафт дельты в приморской части представлен песчаными пляжами и дюнами. За вершину дельты Сулака принимают место в 2,5 км выше пос. Сулак и в 9 км от моря, где река пересекает древнюю береговую линию. Действующих боковых рукавов в дельте нет. Современная дельта Сулака начала формироваться в начале XIX века и в своем развитии она прошла несколько циклов, включающих прорывы русла и образование новых причлененных дельт. В результате естественного прорыва в 1929 г. сформировалась новая дельтовая лопасть, ориентированная на север. Из продуктов волнового разрушения морского берега дельты к северу от нее постепенно сформировалась длинная Сулакская коса, которая представляет собой выдвинутый в море аллювиальный выступ, отчленившийся от коренного берега Сулакскую бухту. Благодаря Сулакской косе волновая абразия берегов бухты выражена крайне слабо [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1993; Айбулатов, 2001]. В 1957 г. воды Сулака были выведены искусственно в юго-восточном направлении, где стала формироваться «новая» дельта Сулака. «Старая» дельта начала отмирать и еще интенсивнее разрушаться, размыв дельты усилился после резкого сокращения стока наносов Сулака в результате сооружения ГЭС с водохранилищами (Чирюртская (1965 г.) и Чиркейская (1974 г.)), а также в период повышения уровня моря [Каспийское море..., 1993]. Акватория, занимаемая этим ДПК, распресненная (солёность от 2 до 8 ‰), густо поросшая тростником (*Phragmites australis*). Для нее характерны нестабильные гидрологические условия, высокая степень заиленности донных отложений [Проект Моря..., 1996; Отчет о результатах..., 2001]. Основу бентосных сообществ составляют зарывающиеся или живущие на поверхности фильтраторы: моллюски и ракообразные, преобладают короткоцикличные виды олигохет, из моллюсков присутствует *Viviparus viviparus*. [Касымов, 1994; Иванов, 2000; Отчет о результатах..., 2001].

#### ДПК I.1a2 Терская морская аккумулятивная дельтовая равнина (гл. 0-3 м)

Современная дельта Терека — наклонная к северо-востоку аккумулятивная равнина с двумя группами основных рукавов. Рельеф дельты

имеет ячеистый характер, особенно в центральной части, многочисленны лиманы. Для приморской части дельты характерны заболоченные низины, плавни с небольшими повышениями в виде гряд вдоль русел. В нижней части дельты встречаются песчаные дюны и барханы. Вдоль современного берега отмечается ряд песчаных, отчасти переветренных береговых аккумулятивных форм (косы). Гидрографическая сеть дельты часто меняется из-за переотложения большого количества наносов или водохозяйственных мероприятий. Вдоль действующих протоков часто прослеживаются четко выраженные прирусловые валы, которые местами замещаются искусственными дамбами, созданными для защиты от наводнений. Поверхность расчленена многочисленными искусственными оросительными каналами, иногда использующими и естественные протоки [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1993; Айбулатов, 2001]). В период паводков по руслу Нового Терека проходит значительное количество наносов, которые меняют прибрежный ландшафт, частично заполняя русло и прибрежную часть устьевого взморья отложениями. Сформировавшийся на взморье после паводка устьевой бар почти полностью перекрывают терским водам выход в море. Благодаря повышению отметок дна и заполнению пойменных понижений наносами, а также постоянному подпору со стороны устьевого взморья вода выходит за бровки русла и заливают значительные пространства, которые практически постоянно затоплены. В результате этого образуются многочисленные дельтовые водоемы.

Вследствие повышения уровня моря сократились площади тростниковых плавней и усилились процессы вторичного засоления на побережье. На большей части дельты луговые и болотные угодья сменились пустынными биотопами с доминированием полыней. Волновые и нагонные явления способствуют частому прорыву прирусловых валов, что приводит к затоплению значительных пространств дельты. Кроме того, гидродинамический режим вод способствует выносу и осаждению в пределах устьевого взморья загрязняющих веществ [Каспийское море..., 1993; Состояние и сохранение..., 2000].

Донные отложения на участке прямого влияния стока Терека состоят в основном из песчаных и песчано-алевритовых фракций, с небольшим содержанием ракуши и детрита [Леонтьев, Маев и др., 1977]. Доминирующими представителями бентосных сообществ являются слабословатоводные и солонатоводные моллюски и ракообразные, например *Nereis diversicolor* (наиболее распространен), *Didacna trigonoides*, *Hupanis laeviuscula* [Каспийское море..., 1985; Осетровые..., 1999; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### ДПК I.1a3 Терско-Сулакская морская аккумулятивная равнина между- речья (гл. 0-5 м)

Поверхность прибрежной подводной аккумулятивной равнины ровная, пологонаклонная к северо-востоку, сложенная морскими песками, суглинками, супесями и мелкой ракушей, местами осложнена подводными валами. Разделяется на нижнюю наклоненную сложенную ракушей, и донную часть с выровненным дном и песчано-глинистым грунтом. Култучная часть мелководна, представляет собой тростниковые плавни с обилием плесов, шириной до 3-4 км. Все побережье изрезано лиманами. Аграханский залив мелководен, вода в нем опреснена ( $5 - 8^0/_{00}$ ). Характерны аккумулятивные условия осадконакопления. Крупные открытые плесы площадью до 50 га чередуются с замкнутыми бухточками. Глубина плесов обычно не превышает 0,5 м. Дно топкое, слой ила достигает 20-30 см. Местами встречаются дюнно-бугристые формы рельефа. Южная часть Аграханского залива отделена от моря и представляет собой зарастающее озеро лиманного типа. Плавни, расположенные вдоль низменных морских берегов ежегодно заливаются несколько месяцев, а в наиболее низких частях круглый год стоят под водой [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1993; Отчет о результатах..., 2001].

Основную роль в формировании фаций играет перенос и дифференциация осадочного вещества вдольбереговыми течениями, а также сноса из относительно глубоководной транзитно-аккумулятивной зоны шельфа. Среди донных отложений преобладают алевриты, песчаные алевриты, алевропелиты, алевритовые пески с небольшим содержанием ракушки и ее детрита [Лебедев, Маев и др., 1973; Каспийское море..., 1993].

В фитопланктоне преобладают синезеленые водоросли (*Microcystis pulverea* и виды рода *Merismopedia*) и диатомовые водоросли *Actinocyclus ehrenbergii*. Наличие обширных по площади зон с преобладающими аккумулятивными условиями осадконакопления позволяет поддерживать соотношение трофических структур в донных сообществах, при которых среди доминирующих видов преобладают собирающие детритофаги, обитающие в толще донных осадков. В летнее время периодически возникает дефицит кислорода у дна, поэтому в донных биоценозах доминируют более устойчивые к недостатку кислорода олигохеты, некоторые полихеты, моллюски. За счет относительно высокой солености получили распространение вселенцы - *Nereis*. К концу лета видовой состав становится богаче, появляются мизиды, доминируют моллюски [Касымов, Багиров, 1983; Каспийское море..., 1985; Состояние и сохранение..., 2000].

### ДПК I.1a4 Морская аккумулятивная равнина Кизлярских лиманов (гл. 0-3,5 м)

Плавни и приплавневые болотистые луга, расположенные вдоль низменных морских берегов занимают значительные площади. Они ежегодно заливаются на 2 — 4 месяца, а в наиболее низких частях круглый год стоят

под водой. Со стороны суши окаймлены менее продолжительно заливаемыми (1,5 - 2 месяца) и менее глубоко стоящими в воде тростниковыми ассоциациями. Затопление прибрежной полосы нагонными волнами или вследствие сезонных колебаний уровня моря наблюдается, преимущественно, в весенний период. Осушение прибрежной полосы под воздействием нагонных явлений и сезонных колебаний уровня моря происходит, преимущественно, в осенние месяцы и является причиной отмирания погруженной водной растительности и ее последующего разложения. Таким образом, по мере периодического затопления прибрежной полосы формируются временные группировки высшей водной растительности [Каспийское море..., 1990; Состояние и сохранение..., 2000; Отчет о результатах..., 2001].

Преобладают суспензионные фации, накопление происходит в относительно спокойной береговой зоне у западного побережья Каспия за счет привноса материала реками на западе, сноса и перераспределения тонких фракций осадочного материала из расположенной по соседству мелководной аккумулятивной зоны. В донных отложениях преобладают алевриты [Леонтьев, Маев и др., 1977; Отчет о результатах..., 2001].

#### **ДПК I.1a5 Кумская дельтовая аккумулятивная равнина (гл. 0-2 м)**

Отличается сложными нестабильными гидрологическими условиями, в существенной мере определяемыми речным стоком. Акватория занята водной растительностью: тростником, камышом, высшими цветковыми плавающими растениями надводных и подводных форм, благоприятные гео- и гидрохимические условия для развития разнообразных бентосных сообществ [Каспийское море..., 1986; Проект Моря..., 1992].

Представлены следующие типы фаций: 1) авандельтовые фации, накапливающиеся при осаждении взвеси, поступающей с речным стоком, донные отложения представлены: песчаный алеврит, алеврит, алевропелит, глинистый алеврит, 2) авандельтовые и волновые, относительно мелководные фации, формирующиеся за счет твердого речного стока в условиях волнового перемешивания. Донные отложения — песок мелко- и тонкозернистый с примесью створок ракуши и ракушечного детрита [Леонтьев, Маев и др., 1977; Состояние и сохранение..., 2000].

#### **ДПК I.1a6 Причерномозельная морская аккумулятивная равнина (гл. 0-3 м)**

Акватория охватывает морские мелководья и слабонаклоненную к морю террасу западного побережья Каспия. Северная часть, примыкающая непосредственно к дельте Волги, осложнена комплексом бэровских бугров. Прибрежная зона представляет собой ильменно-грядовую равнину, где широкие бугры бэровских бугров чередуются с межгрядовыми ложбинами ильменей, которые заполняются водой во время нагонов и павод-

## **ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

ков, но пересыхают летом. Эта низкая, исключительно пологая равнина в первую очередь затапливается в результате поднятия уровня Каспийского моря [Леонтьев, Маев и др., 1977; Состояние и сохранение..., 2000]. По мере подъема уровня моря, ложбины между ними, прежде слабо заболоченные или занятые солончаками, превращаются в сильно обводненные тростниковые болота или многочисленные мелкие озера. При разливах Волги и морских нагонах в межбугровых понижениях образуется сложная система лиманов. Берега сильно изрезаны лиманами. В южной части происходят процессы размыва части аккумулятивных форм донного прибрежного рельефа — подводных валов, грив. Идут процессы смещения зоны осушки в сторону берега, что способствует заполнению лагуны осадками и зарастанию ее тростниковой растительностью [Устьева область..., 1998].

Морская аккумулятивная равнина прибрежно-мелководная береговой камышовой осушки. Располагается в бессточной мелководной зоне у западного побережья Северного Каспия, подверженной сгонно-нагонным явлениям. Преобладают дрейфовые фации, которые формируются у аккумулятивно-аллювиальных, аккумулятивных сгонно-нагонных берегов в условиях переноса и дифференциации осадочного вещества под воздействием прибрежных течений, волнения, развития сгонно-нагонных явлений и ветров. Среди бентосных сообществ преобладают детритофаги. Донные отложения представлены алевритами, алевропелитами, глинистыми алевритами, алевритовым песком [Леонтьев, Маев и др., 1977].

### **Округ ДПК I.16в Восточный округ Северокаспийской прибрежной подобласти Район ДПК I.16 Заволжско-Уральская аккумулятивная равнина**

#### **ДПК I.161 Морская аккумулятивная равнина Урало-Эмбенского между- речья (гл. 0-4 м)**

Рельеф дна гетерогенен и сформирован под влиянием волновой и сгонно-нагонной деятельности, осадконакопления, субаэральной эрозии и эоловых процессов и представляет собой слабонаклонную морскую равнину с отмелями, ложбинами стока. Преимущественно аллювиальные и морские песчано-глинистые отложения. Морское дно у побережья шириной до 10 - 15 км сложено из песчаного ила, дальше от берега преобладает песчаник. В донных отложениях немногочисленных тростниковых зарослей преобладают илы [Леонтьев, Маев и др., 1977; Состояние биоразнообразия..., 2000]. В этом ДПК заросли тростника исчезают вследствие высокой солености вод, тростник растет на маленьких плоских островах (шалыгах). На мелководьях преобладают донные отложения сложенные илистыми песками с ракушкой и растительным детритом разной степени разложения. Река Эмба пересыхает летом, пойма заливается только в многоводные годы. Рельефообразование в

долине р. Эмбы активизируется во время весеннего половодья, при этом происходит аккумуляция взвешенных и влекомых осадков на пойме и в дельте.

При нагонах во время весеннего паводка возникает подпор, способствующих площадному накоплению аллювиальных отложений. На участке, прилегающем к дельте Эмбы, отложения суглинистые, поверхность осложнена большим количеством соров (малых солончаковых низин) глубиной до 5-7 м [Состояние биоразнообразия..., 2000]. На мелководьях между островами в толще воды формируются сообщества макрофитов, представленных высшими водными растениями, харовыми, красными и зелеными водорослями.

Для фитопланктона характерно доминирование синезеленых и зеленых водорослей. Количественно преобладают *Gloeocapsa punctata* и *Merismopedia tenuissima*. Высокой биомассой отличаются диатомовая *Navicula cryptocephala* и зеленая водоросль *Binuclearia lauterbornii*. Летняя биомасса фитопланктона достигает 18,2 г/м<sup>3</sup>. Биомасса фитопланктона осенью колеблется от 8,9 до 38,0 г/м<sup>3</sup>, при высоком среднем значении биомассы 20,9 г/м<sup>3</sup> [Каспийское море..., 1985; Состояние биоразнообразия..., 2000].

В зоопланктоне преобладают виды эвригалитного и пресноводного комплексов. Особенностью зоопланктона является наличие крупных морских веслоногих рачков р. *Eurytemora*, обычно обитающих в глубоководной зоне Среднего Каспия, а также веслоногих рачков *Acartia claus*. Из коловраток присутствуют, в основном, солоноватоводные *Brachionus quadridentatus*, *B. angularis*, *Keratella tropica*, *Filinia sp.* Повсеместно отмечается весь набор пелагических копепод: *A. lausi*, *C. aquae-dulcis*, *Halicyclops sarsi*. В составе зообентоса встречается до 112 таксонов, из них на долю ракообразных приходилось до 50% видового состава.

Из кормовых донных животных среди многоресничковых червей распространены *Nereis diversicolor*, *Hypania invalida*, *Stylogdrilus parvus*, из моллюсков *Cerastoderma lamircki*, *Didacna trigonoides*. Из ракообразных наиболее часто встречаются *Pterocuma sowinskyi*, *Stenocuma gracilis* [Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### **ДПК I.162 Морская аккумулятивная заболоченная равнина Волго-Уральского междуречья с лагунами (гл. 0-4 м)**

Представляет собой широкую полосу тростниковых зарослей и плавней, сочетающихся с замкнутыми лагунами, отмелями, песчаными косами и открытыми участками мелководий. Уклоны местности очень малы и даже незначительные изменения уровня моря приводят к затоплению (или осушению) больших пространств. Морское дно у побережья шириной до 10 - 15 км сложено из песчаного ила, дальше от берега преобладает песчаник. Поверхность сложена преимущественно песками и существенно переработана эоловыми процессами, благодаря которым распростра-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

нены бугристо-ячеистые и грядовые формы рельефа. Происходит размыв эоловых форм рельефа, превратившихся в архипелаги мелких островов. ДПК характеризуется постоянным ледовым покровом в зимние месяцы. Под воздействием речного стока р. Волги и р. Урал этот участок моря сильно опреснен [Устьевая область..., 1998; Состояние и сохранение..., 2000; Состояние биоразнообразия...2000].

В западной части у дельты Волги соленость составляет менее 1‰, а в восточной доходит до 5‰. Растительность акватории представлена разнообразными фитоценозами, широко представлена высшая водная растительность. Особенностью данного ДПК являются заросли лотоса орехоносного. Доминируют заросли тростника, тянущиеся широкой густой полосой вдоль всего побережья. Повышение уровня моря угнетает тростниковые заросли, они изреживаются и не успевают отступать вслед за полосой моря. В качестве доминантов на одних местообитаниях и субдоминантов на других, могут выступать рдест гребенчатый, ряска тройчатая, уруть колосковая, роголистник, валлиснерия спиральная. На глубинах до 2 м (ближе к тростникам) проективное покрытие дна растениями составляет от 20 до 90%. На больших глубинах (до 4 м) общее проективное покрытие несколько выше — от 50 до 100%. Тростниковая зона представлена комплексом тростниковых и рогозово-тростниковых зарослей с сообществами погружено-водной растительности (глубины 1,5-2,5 м). Довольно большие пространства занимают сообщества харовых водорослей, бурно развиваются зеленые нитчатые водоросли. Межтростниковые пространства заняты фитоценозами с погружено-водной растительностью. На отдельных участках на донной поверхности расположен старник погибшего тростника. Местами грунт занят сплошным покровом зеленых водорослей. В многочисленных заводях формируются мощные заросли водяного ореха, изредка попадаются небольшие сообщества лотоса орехоносного или каспийского. Повсеместно на поверхности небольшими скоплениями и отдельными экземплярами развивается сальвиния плавающая, в разреженных тростниках и в небольших межтростниковых пространствах формируются заросли кувшинки чисто-белой (*Nymphaea candida*) [Устьевая область..., 1998; Состояние и сохранение..., 2000].

Водно-болотные угодья здесь перемежаются с участками суши с лугово-кустарниковой, пойменно-лесной, солончаковой и псаммофитной растительностью. Большая биомасса у синезеленых водорослей. Из обрастающих водорослей наиболее многочисленны диатомовые, встречаются зеленые водоросли.

По многолетним летним данным междуречье рек Волги и Урала высоко продуктивно по фитопланктону, биомасса водорослей достигает более 1000 мг/м<sup>3</sup>. Особенностью зоопланктона Северного Каспия является наличие ряда экологических групп, связанных в своем распределении с

минерализацией воды. В районе междуречья по числу видов преобладал пресноводный комплекс — 56% от всего состава, относительно эвригаллинного — 19%, солоноватоводного — 17% и морского — 8%. Весной в состав пресноводного комплекса входили коловратки *Brachionus angularis*, *B. diversicornis*, *B. hudsoni*, *Testudinella patina*, ветвистоусые рачки *Chydoridae* и *Bosmina longirostris*. Более распространены солоноватоводные коловратки *Brachionus quadridentatus*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella tropica* и придонные рачки *Harpacticoida*. В междуречье Волга-Урал в зимне-весенний период повсеместно распространены копеподы — средиземноморский вселенец *Calanipeda aquae-dulcis* и автохтонный *Harmothoe sarsi* [Касымов, Багиров, 1983; Устьевая область..., 1998; Состояние и сохранение..., 2000; Иванов, 2000].

Разнородность водных масс прибрежных придельтовых пространств, с повышенным содержанием биогенов, и взморья, обуславливают как разнообразие состава планктона, так и высокую их продуктивность в междуречье Волга-Урал относительно других прибрежных районов. Преобладают количественно эвригаллинные и солоноватоводные комплексы видов, распределенные по акватории в зависимости от минерализации воды. В донной фауне Северного Каспия в междуречье Волги и Урала отмечено около 100 таксонов. Главным фактором, определяющим распределение донных животных в данных участках моря, является соленость воды и в меньшей мере характер грунта. В данном ДПК более 30% видового состава бентоса приходилось на долю пресноводных и эвригаллинных видов [Касымов, Багиров, 1983; Устьевая область..., 1998; Состояние и сохранение..., 2000].

#### **ДПК I.163 Уральская дельтовая аллювиально-аккумулятивная равнина** (гл. 0-4 м)

Современная аллювиально-дельтовая равнина взморья перед устьем Урала сложена мелкозернистыми песками, алевролитами и глинами, имеет незначительный уклон к морю. Поверхность изрезана протоками и старицами. В связи с изменением уровня моря, дельта Урала за 1929 — 1978 гг. выдвинулась на 30 — 40 км, началось затопление низких участков дельты, абразия придельтовых островов и интенсивный размыв баров. Вблизи дельты р. Урал часто встречаются плоские острова, сложенные морскими отложениями, в состав которых входят растительные остатки и ракушечный материал. Многие острова затапливаются при подъеме уровня моря. Во время шторма они меняют свои размеры и очертания. Валы и отмели морского мелководья представлены цепочками сросшихся и отдельных островов, заросшими тростником [Состояние биоразнообразия..., 2000; Состояние и сохранение..., 2000].

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Богатая биогенными элементами тростниковая зона, небольшие глубины и хороший прогрев вод способствует развитию разнообразных форм и видов водорослей. Побережье окаймлено поясом густых зарослей тростника, где они образуют мощные кулисные заросли, окаймляющие заливы и лагуны, а также полосы, простирающиеся в сторону моря на 20 - 25 км. Мощные тростниковые полосы простираются в сторону моря почти до двухметровых глубин. В результате изменения уровня моря фрагменты тростниковой растительности появились на территории, которая стала мелководьем. Пионерами зарастания дна являются мелководные макрофиты: уруть колосковая, рдест гребенчатый, роголистник. Часто эти водные растения проникают далеко между тростниковыми зарослями. Острова окаймлены полосой харовых или урутьево-харовых фитоценозов [Состояние и сохранение..., 2000].

Сообщества фитопланктона представлены 47 видами водорослей, доминируют диатомовые и зеленые, остальные представлены синезелеными и эвгленовыми. Ведущими в количественном отношении на протяжении вегетационного сезона являются диатомовые. Показатели биомассы фитопланктона вблизи устья Урала колеблются от 16,2 до 300,8 мг/м<sup>3</sup> [Каспийское море..., 1985; Состояние и сохранение..., 2000]. В сообществах зоопланктона за все годы наблюдений зарегистрировано более 100 видов животных. Основной набор зоопланктеров сохраняется постоянным на протяжении века. Половина приходится на группу коловраток, многочисленных с весны до осени. Ракообразные в планктоне появляются летом и составляют основу биомассы. Количественные показатели в связи с повышенной мутностью воды в приустьевом пространстве, угнетающей развитие зоопланктона, низкие — биомасса до 26,2 мг/м<sup>3</sup> [Касымов, 1994; Сокольский, Курашова и др., 2002]. Основу биомассы бентоса летом составили олигохеты, личинки хирономид и гаммариды (до 2,85г/м<sup>2</sup>). Доминирующими формами в предустьевых районах являются пресноводные виды: олигохеты, *Tubifex tubifex*, ракообразные, личинки хирономид [Каспийское море..., 1985; Состояние и сохранение..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### Округ I.1в Северный Мангышлак

#### ДПК I.1в1 Прикаспийский Каракум (гл. 0-2,5 м)

Волнистая поверхность аккумулятивной террасы перерезана потоками древней реки Эмбы и солончаками. На этой террасе произрастают сарсазановые сообщества, а также некоторые эфемеры и лугово-солончаковые растения на лугово-солончаковых и маршевых почвах. Вдоль берега встречаются многочисленные подводные мели и периодически затопляемые острова (шалыги). Прибрежная зона подвержена стонно-нагонным явлениям и зарастает временными группировками рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus*), уру-

ти колосковой (*Myriophyllum spicatum*), роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum*), взморника малого (*Zostera marina*) [Состояние биоразнообразия..., 2000].

Для фитопланктона в осеннее - летний период характерно доминирование синезеленых водорослей (*Gloeocapsa punctata* и *Merismopedia tenuissima*), основу продукции фитопланктона составляет зеленая водоросль рода *Phormidium*. Зеленые и диатомовые наиболее обильны в прибрежной полосе. Высокой биомассой отличаются водоросли *Navicula cryptocephala* и *Binuclearia lauterbornii*. [Сокольский, Курашова и др., 2002].

В зоопланктоне преобладают виды эвригаллиного и пресноводного комплексов. В этот ДПК мигрируют крупные пелагические рачки из Среднего Каспия, создавая в конце лета значительную для побережья биомассу. Отмечено присутствие эндемичной коловратки *Trichocerca caspica*. [Каспийское море..., 1985; Сокольский, Курашова и др., 2002].

В макробентосе наиболее часто встречаются *Nereis diversicolor*, *Hypania invalida*, *Stylodrilus parvus*, *Cerastoderma lamircki*, *Didacna trigonoides*. Из ракообразных часто встречаются *Pterocuma sowinskyi*, *Stenocuma gracilis*. [Касымов, Багиров, 1983; Иванов, 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### **ДПК I.1в2 Сор Мертвый Култук. Морская шоровая солончаковая аккумулятивная равнина (гл. 0-2,5 м)**

Представляет собой перевеянный массив верхнехвалынских морских песчаных отложений, частично переработанных эрозией. Рельеф представлен сочетанием грядовых полузакрепленных песков и пересекающими их древними эрозионными ложбинами, занятыми солончаками и солеными пересыхающими озерами. В прибрежной мелководной зоне расположены шалыги, состоящие из морских отложений, включая ракушу, а также остатков растительности [Состояние и сохранение..., 2000; Состояние биоразнообразия..., 2000].

ДПК удален от устьев рек и меньше всего подвержен влиянию речного стока, соленость вод может достигать величины более 10‰. Малые уклоны побережья создают условия для образования заливов с нерегулярным поступлением воды во время нагонных процессов и с высокой минерализацией воды. Развита тростниковая пояс (*Phragmites australis*), расположенный на глубинах до 2,5 м. В весенне-летний период наиболее массовые виды фитопланктона - диатомеи *Melosira islandica* и *Stephanodiscus hantzschii*, зеленые и синезеленые водоросли практически отсутствуют. Летом фитопланктон богаче, по биомассе доминируют диатомеи, по численности — преобладают различные виды рода *Merismopedia*. К осени продуктивность фитопланктона снижается. В зообентосе преобладают ракообразные и моллюски. Наиболее многочисленны нереис и абра [Состояние и сохранение..., 2000; Отчет о результатах..., 2001; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### ДПК I.1в3 Бузачи. Морская аккумулятивная равнина (гл. 0-3,5 м)

По характеру рельефа п-ов Бузачи — низменная холмистая равнина. Наблюдаются явные признаки обращенного рельефа: над обширным сводовым поднятием юрских и меловых пород выработана денудационно-аккумулятивная равнина. Берега топкие и мелководные. Береговая зона представляет плоскую равнину и сложена глинистыми, суглинистыми и супесчаными отложениями; небольшие горы и холмы имеются в южной части. В пределах узкой прибрежной зоны распространены новокаспийские береговые и островные бары высотой 6 - 7 м над уровнем моря, окаймленные со стороны моря широкой полосой прибрежных солончаков, частично затопляемых при нагонах. Примером перестройки отмелой береговой зоны может служить формирование вдольберегового бара, отгораживающего (перекрывающего) лагуну на западном побережье п-ова Бузачи. Для прибрежной зоны характерны подводные валы, а также серия кулисообразно расположенных подводных грив, образующих несколько вытянутых параллельно берегу гряд. Соленость вод составляет 4-9,8‰. Участки дна между грядами заняты донной растительностью [Леонтьев, Маев и др., 1977; Состояние и сохранение..., 2000].

В прибрежных заливах лагунного типа развиты заросли харовых водорослей. В результате изменения уровня моря появились фрагменты тростниковых зарослей. Среди них получили развитие погруженная водная и воздушно-водная растительность состоящая в основном из взморника (*Zostera marina*), видов рдеста (*Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus*), роголистника, (*Ceratophyllum demersum*) и урути (*Myriophyllum spicatum*) [Иванов, 2000; Отчет о результатах..., 2001].

На участках периодически освобождающихся от воды, грунт заселяют в основном синезеленые водоросли родов *Oscillatoria* и *Microcoleus*. На мелководьях формируются разреженные сообщества макрофитов, представленных высшими водными растениями (*Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*), проективное покрытие дна которыми редко превышает 10-15%. Фитопланктон и зоопланктон обеднен по видовому составу. Доминируют зеленые водоросли *Binuclearia lauterbornii*, рода *Scenedesmus*, диатомовые бентосные формы *Diploneis*, *Epithemia*, *Amphora*. В зоопланктоне присутствует от 3 до 17 видов, среди которых молодь пелагических *Copepoda* — *Calanipeda* и *Acartia*, а также придонные *Harpacticoida* [Состояние и сохранение..., 2000; Отчет о результатах..., 2001].

Видовое разнообразие макрозообентоса невелико. В его составе отсутствуют моллюски, из червей лидируют *N. diversicolor*, из ракообразных — *Gammaridae*, *Corophidae* [Касымов, 1994; Сокольский, Курашова и др., 2002].

## ДПК I.1в4 Мангышлакский залив (гл. 0-5 м)

С западной стороны ограничен длинной песчаной косой с лагуной, которая сформировалась за счет наносимого волнами песка и прибрежного течения северного направления. Расположена вдоль побережья, обращенного к морю. На востоке залив окаймлен крутым известняковым склоном, который тянется до мыса Тюб-Караган. Ландшафт северного побережья полуострова представляет собой гряду террас и скал, которые поднимаются к плоскому плато, лежащему на высоте 100 м над уровнем моря. К югу ландшафт характеризуется чередованием крутых откосов с песчаниками. На Мангышлакском побережье терраса шириной до 2 км. В ее сложении преобладают пески с битой ракушей. Денудационный рельеф представлен плоскими поверхностями, бронированными горизонтальной плитой неогеновых известняков с мало-мощным четвертичным элювием. Береговые чинки плато расчленены разветвленной сетью крупных карстово-эрозионных оврагов, в открытых к морю устьях которых скапливается пролювиальный материал. В настоящее время шлейфы конусов выноса абрадируют, в известняках и мергелях уступов встречаются развитые карстово-абразионные ниши, навесы и пещеры. Происходит рост овражной сети, увеличение объемов конусов выноса на уступе развиты оползневые процессы, временные водотоки активизируются во время весеннего половодья. Изменение уровня моря оказало влияние на абразионные и абразионно-аккумулятивные типы берегов Мангышлака. Идет процесс размыва баров, пляжей, береговых валов и современных морских террас. Происходит формирование новых аккумулятивных форм рельефа. На северном берегу п-ова Тюб-Караган оживают ранее отмершие клифы и увеличивается площадь абразионных участков.

Донные отложения в Мангышлакском заливе представлены крупным известковым алевритом с примесью ракуши. Между островами Кулалы и Морской получили широкое развитие оолитовые пески [Леонтьев, Маев и др., 1977]. В заливе встречается 7 видов макрофитов, из них высшие водные растения — 2 (*Zostera marina*, *Potamogeton pectinatus*), зеленые нитчатые водоросли — 2 (*Oedogonium sp.*, *Mougeotia sp.*), красные водоросли — 2 (*Polysiphonia setrularioides*, *Ceramium hypnaeoides*), харовые — 1 (*Charatomontosa*). Доминирует *Z. minor*. Отдельные представители остальных водных растений встречаются на более мелких участках залива, но не имеют широкого распространения. Даже биомасса взморника *Z. marina* невелика, т. к. данный вид ограничивается со стороны берега способностью растения прикрепляться к рыхлому песку и скалам, а в глубоководной части — слабым проникновением солнечного света, повышенной мутностью и плотным слоем рыхлого органического ила. В результате, *Z. marina* практически отсутствует в северной более каме-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

нистой и песчаной прибрежной части залива и занимает только 10-15% морского дна в его самой крайней точке. В южной части прибрежной территории залива наблюдается толстый слой (до 1,5м) отмершей фитомассы *Z. marina*. На обращенной к заливу стороне песчаной косы растет тростник. Тюленьи острова окаймлены густыми многокилометровыми тростниковыми зарослями (ширина от 50 — 60 до 200 — 300 м, иногда до 1 км). Наиболее массовые виды фитопланктона — диатомеи *Melosira islandica* и *Stephanodiscus hantzschii*, зеленые и синезеленые водоросли практически отсутствуют. В летний период по биомассе доминируют диатомеи, по численности — преобладают различные виды рода *Merismopedia*. К осени продуктивность фитопланктона уменьшается. Из донных животных наиболее распространены являются полихеты, nereиды, моллюски и раки. Наибольшая биомасса nereиса приурочена к илистым и илисто-песчаным грунтам [Иванов, 2000; Отчет о результатах..., 2001; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### Область I. Северокаспийская

#### Подобласть I.2 Северокаспийская приглубая

#### Округ ДПК 1.2а Восточный округ Северокаспийской приглубой подобласти

##### ДПК I.2a1 Урало-Эмбенская равнина (гл. 2,5-5 м)

Представляет собой вогнутую морскую абразионно-аккумулятивную равнину, осложненную крупными формами рельефа (подводные ложбины и валы). Преобладающую роль в формировании и распределении донных отложений играют ветровые течения, вызывающие волнение в толще воды. В этом ДПК представлены донные отложения, содержащие большое количество крупно- и среднезернистого песка [Леонтьев, Маев и др., 1977]. Соленость достигает 8‰. Для акватории характерны разреженные фитоценозы и единичные особи водных растений с ограниченным видовым составом. Повсеместно встречаются не заросшие участки дна. В качестве доминирующих видов в основном выступают красные водоросли родов *Polysiphonia* и *Ceramium*. В отдельные годы основу фитоценозов могут составлять зеленые нитчатые водоросли родов *Cladophora* и *Mougeotia*. Наряду с водорослями, иногда, среди доминирующих видов встречаются высшие водные растения, чаще *Zostera marina*. В фитопланктоне преобладают диатомовые водоросли, среди которых лидирует *Rhizosolenia calcaravis* с субдоминантом *Cyclotella meneghiniana*. Из зеленых водорослей многочисленна *Binuclearia lauterbornii*, у пиропитовых доминирующим видом является *Exuviaella cordata*. Зоопланктон представлен пресноводными, солоноватоводными и эвригаллиными видами. Встречается около 29 таксонов зоопланктона. Боль-

шую часть года многочисленны веслоногие рачки родов *Calanipeda* и *Halyscyclops*. Летом лидируют коловратки. В бентофауне выявлено примерно 74 таксона, большая часть макрозообентоса является ценными кормовыми объектами для рыб — черви-полихеты *Nereis*, *Ampharetidae*, ракообразные *Gammaridae*, *Corophiidae*, *Cumacea*, моллюски *Abra*, *Dreissena*, *Hypanis*. [Каспийское море..., 1989; Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### ДПК I.2a2 Уральская Бороздина (гл. 5-12 м)

Уральская Бороздина протяженностью более 150 км от края авандельты р. Урал и шириной до 60 км расположена в восточной части Северного Каспия и представляет собой впадину со слабовогнутым днищем и бортами достаточно отчетливыми только с западной и юго-западной сторон. В границах изобаты 5 м эта широкая депрессия вытянута в субмеридиональном направлении. Предполагается, что плоские участки дна в восточной части этой депрессии — остатки древней речной террасы. Изобаты 7 м в северной части депрессии и 9 м. — в южной достаточно отчетливо обрисовывают узкую ложбину, врезанную в дно депрессии. Ложбина расплывается непосредственно к северу от отмели Тюленьих островов, и плоская донная равнина, примыкающая здесь к этой отмели, возможно, соответствует древней дельте Урала. В целом Уральская Бороздина, видимо, — часть долины р. Урал, функционировавшей ранее, при значительно более низком стоянии уровня моря, чем современное. Соленость вод имеет амплитуду 4 — 8‰. Донные отложения представлены крупными алевритами и мелкоалевритовым илом с обильным включением целой и битой ракуши [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1987].

Уральская Бороздина отличается высокой степенью биологического разнообразия макроводорослей, фитопланктона, бентоса и является зимовальным скоплением осетровых рыб и местом наибольшей концентрации воibly в период летнего нагула и осенней миграции. Уникальность этого ДПК обусловлена тем, что при вековых регрессиях моря, акватория Северного Каспия неоднократно обсыхала и Уральская Бороздина становилась озерной котловиной, что способствовало сохранению генофонда автохтонных видов, среди которых много эндемичных, например бурая водоросль *Monostroma latissita*, красная водоросль *Acrocatium davisii* и др. [Иванов, 2000; Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

В пределах ДПК можно выделить следующие фации.

1. склонов (I.2a2/a/c) — преобладают алеврито-песчаные грунты.

Водная растительность в основном отсутствует, так как волновая деятельность (шторма) влияет на возможности их закрепления на донной поверхности. На не заросших растительностью участках возможно появление растительности при условии измене-

ния природных процессов. Происходит оседание и укоренение фрагментов водных растений, в свою очередь, с заросших участков растительность довольно легко вымывается и переносится на новые местообитания идет постоянная перестройка и смена фитоценозов. Общее проективное покрытие дна растительностью различно — от 1 - 2% до 15 - 30%. Этому процессу способствуют малые глубины и мощные тростниковые заросли, которые противостоят волновому переносу. Изредка встречаются небольшие локальные участки в понижениях рельефа дна с обилием растений и проективным покрытием до 50 - 70%. Постоянное колебание водной толщи и изменение уклона дна способствует оседанию на грунт разжиженных илистых и уплотненных мелкопесчаных донных отложений. Доминирующие виды — взморник морской (*Zostera marina*), наяда морская (*Najas marina*), рдесты (*Potamogeton pectinatus* и *P. perfoliatus*) и урути (*Myriophyllum*). Изредка встречаются отдельные особи красной водоросли рода *Polysiphonia* [Состояние биоразнообразия..., 2000];

2. фации днища (I.2a2/a/d) — преобладают песчано-алевритовые грунты. Растительный покров представлен разреженными фитоценозами с доминированием красных, реже зеленых водорослей, изредка высших водных растений. Поверхность дна покрыта растительным детритом. Общее проективное покрытие растительностью до 20%. Доминирует взморник морской (*Zoostera marina*), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus*), реже уруть колосковая (*Myriophyllum spicatum*). На ракушечно—илистых грунтах господствуют красные водоросли (*Polysiphonia*, *Ceramium*, *Laurencia*). Плотные ракушечные и глинистые грунты лишены растительного покрова. Зеленые нитчатые водоросли образуют обрастания на ракуше, плотных субстратах, макрофитах [Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002];
3. фации западин (I.2a2/a/z) — преобладают глинисто-алевритовые и алеврито-глинистые илы. Встречаются единичные особи красных водорослей (рода *Polysiphonia*), а также красная водоросль *Laurencia caspica*. Помимо красных водорослей, отмечаются разреженные сообщества взморника морского (*Zoostera marina*) и зеленые нитчатые водоросли. Общее проективное покрытие дна растениями не превышает 1% [Состояние и сохранение..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

В фитопланктоне по численности и биомассе во все сезоны преобладают диатомовые. Летом встречаются не более 9 видов водорослей, продуктивность возрастает в основном за счет диатомовых, а численность — за счет синезеленых водорослей. Осенью численность и биомасса фитопланктона снижается. В донных биоценозах преобладают олигохеты,

кумовые раки и бокоплавцы, отмечается довольно высокая биомасса нереса (до 30г/м<sup>2</sup>) [Сокольский, Курашова и др., 2002].

### Округ ДПК I.26 Западный округ Северокаспийской приглубой подобласти

Этому ДПК вместе с прибрежными мелководьями принадлежит решающая роль в формировании рыбных запасов практически всех каспийских рыб, здесь самые богатые кормовые угодья. Здесь нагуливаются, зимуют многие сельдевые, осетровые, карповые и окуневые рыбы [Отчет о результатах..., 2001].

### ДПК I.261 Восточная Волго-Каспийская равнина (гл. 4,5-12 м)

Во все сезоны года широко представлены в пелагиали солоноватоводный и эвригалинный комплексы видов фитопланктона. Сезонная динамика видового разнообразия определяется эври- или стенотермностью водорослей. Основная концентрация планктона приходится на глубины более 5 м. Количество видов сокращается с охлаждением водной массы, биомасса нарастает от весны к осени и снижается зимой. Определяющую роль численности играют зеленые *Cladophora glomerata*, *Cladophora rupestris*, представители родов *Mougeotia*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, синезеленые *Microcystis pulverea*, *Merismopedia punctata*, а биомассу в основном создают диатомовые водоросли *Melosira islandica* и *Soeletonema subsalsum*. Максимальная биомасса фитопланктона весной наблюдается на глубинах от 4 до 5 м и доходит до 218,5 мг/м<sup>3</sup>. С увеличением глубины от 5 до 10 м биомасса водорослей снижается до 126,7 мг/м<sup>3</sup>. В осенний период наибольшая продуктивность водорослей приходится на глубины 7 – 9 м, где их биомасса достигает 5,3 г/м<sup>3</sup>. [Состояние и сохранение..., 2000; Состояние биоразнообразия..., 2000]. В летний период на средних глубинах в планктоне биомасса зоопланктона невелика — до 48,5 мг/м<sup>3</sup>. В условиях разнообразия донных осадков зообентос представлен сообществами с доминирующими видами всех трофических уровней. Встречается около 101 вида донных животных, из них ракообразных 45, моллюсков — 27 видов, где эндемики составляли более 50% видового состава макробентоса (48 видов). Из кормовых объектов наиболее часто встречаются многощетинковые черви, а из ракообразных - *Stenocuma gracilis*, *Niphargoides corpulentus*, *Pontogammarus abbreviatus*, *Stenogammarus similes*, из моллюсков - *Abra*, *Cerastoderma lamarki*.

В пределах ДПК можно выделить следующие фации:

1. *ракушиниковых* банок, подводных кос, полей ракуши. Приурочены к элементам мезорельефа, контролирующим накопление крупного карбонатного материала, развитие отложений происходит под воздействием волновых процессов, донные отложения: ракуша, ракушечный детрит;

2. ракушниковых банок, подводных кос и полей распространения терригенно-карбонатного материала. В их локализации важную роль играют рельеф дна и параметры волнения. Донные отложения: ракуша и битая ракуша, ракушечный детрит, органогенный крупно- и среднезернистый песок.

### ДПК I.261 Западная Волго-Каспийская равнина (гл. 4,5-12 м)

В значительной степени ДПК сформирован выносами рек Волги, Терека и Кумы. В рельефе дна обнаруживаются признаки развития четвертичного субаэрального рельефа, представленного фрагментами речных долин и террас, указывающие на относительную молодость всей сети речного стока. Перераспределение водных масс происходит в основном за счёт ветрового воздействия, что способствует формированию мозаичной структуры донных отложений. Широко распространены пески разной крупности, алевропелиты, встречается ракуша [Леонтьев, Маев и др., 1977].

В пределах ДПК можно выделить следующие фации:

1. фации, приуроченные к зонам влияния твердого стока рек западного побережья. Формируются в условиях активного волнового перемешивания и действия придонных течений. Отложения дрейфуют и меняют свое местоположение в зависимости от гидродинамической обстановки. Донные отложения: пески мелко- тонкозернистые с примесью створок ракуши и ракушечного детрита, ракушечные банки.
2. волновые, относительно мелководные карбонатно-терригенные, формирующиеся в условиях активного волнового перемешивания и перераспределения осадков в элементах мезорельефа дна. Донные отложения: ракушечный детрит, ракуша и пески мелко- и среднезернистые с примесью карбонатного материала;

По всей акватории доминируют следующие виды водной растительности: взморник малый, рдест гребенчатый, рдест пронзеннолистный, уруть колосковая, роголистник погруженный, руппия спиральная (*Ruppia spiralis*), наяда морская. Наибольшее богатство флоры отмечается в сообществах, формирующихся на супесчаных отложениях на глубине до 2,5-3 м. Доминирующий вид — рдест гребенчатый, образующий как одновидовые, так и смешанные сообщества, широко распространены харовые водоросли. На мягких заиленных грунтах развиваются густые заросли рдеста, достигающие высоты 2-2,5 м, проективное покрытие дна растениями составляет от 60% до 100%. Субдоминантными являются виды харовых водорослей (*Chara hispida*, *Chara polyacantha*). В нижнем ярусе обычны взморник (*Zostera marina*) и уруть мутовчатая

(*Myriophyllum verticillatum*). В отдельные годы обильны зеленые нитчатые водоросли родов *Mougeotia*, *Oedogonium* и *Cladophora*. На уплотненных песчаных грунтах развиваются сообщества рдеста с участием взморника (*Potamogeton pectinatus*, *Zostera marina*). Несмотря на высокое проективное покрытие дна, заросли не отличаются мощностью, а высота растений не превышает 50 — 70 см. На глубинах от 3 до 5 м растительный покров изрежен, проективное покрытие дна не превышает 40 — 50%. Доминирующими являются сообщества взморника (*Zostera marina*), высота особей которого не превышает 25 — 30 см. Сообщества взморника малого преобладают на уплотненных грунтах с ракушкой. Участки чистой ракушки зарастают только нитчатыми зелеными водорослями (*Cladophora glomerata*). В глубоководных участках от 5 м цветковых растений встречается мало, здесь преобладают прикрепленные ко дну водоросли. Из красных водорослей на глубине свыше 5 м наибольшее распространение имеет полисифония. Участки глубже 6 м с плотными грунтами не имеют растительного покрова [Состояние и сохранение..., 2000; Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

Комплексы зоопланктона соответствуют минерализации воды. В основном это солоноватоводные (при 1 - 3<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) и эвригалинные виды (2 - 8<sup>0</sup>/<sub>00</sub>), в меньшей степени морские (9 - 13<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) и пресноводные (0 - 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) виды. На глубинах более 4 м биомасса может достигать 76,6 — 101,6 мг/м<sup>3</sup>. В середине осени биомасса максимальна на глубинах 4 - 5 м — до 307 мг/м<sup>3</sup>, немного ниже они на глубоководье. Распределение донных беспозвоночных в значительной мере определяется соленостью. Биомасса форм средиземноморского комплекса увеличивается с севера на юг и с глубиной. Массовое развитие большинства видов пресноводного и авхтонного комплексов наблюдается на глубинах менее 6 м. Многие виды обнаруживают приуроченность к определенным типам грунта. *Didacna trigonoides* образует поселения наибольшей плотности на ракушечных и илисто-ракушечных грунтах. Моллюски рр. *Abra* и *Cerasroderma*, полихеты *Nereis diversicolor* широко распространены на грунтах с примесью ила [Иванов, 2000; Состояние и сохранение..., 2000; Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

## **Область II Среднекаспийская**

### **Подобласть II.1 Среднекаспийская материковая отмель**

#### **Округ ДПК II.1а Округ Волнового воздействия**

##### **ДПК II.1а1 Мангышлакский порог (гл. 5-15 м)**

ДПК представляет собой естественную перемычку — крупную пологую относительно мелководную ступень в рельефе дна между Северным и Средним Каспием, протягивающуюся от полуострова

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Тюб-Караган к острову Чечень. К ДПК приурочены банки и незначительные поднятия дна. Основной морфоструктурой является Тюб-Караганский вал, который продолжается в море до банки Кулалинская. К западу от банки Кулалинская располагается Кулалинское мелководье, оконтуренное изобатой 10 м. Краевые части этого мелководья отличаются мелкорасчленённым рельефом, а на севере оно ограничено уступом дна. Все упомянутые банки и мелководья располагаются на наиболее возвышенной части Мангышлакского порога. Южный борт Мангышлакского порога пологий, во многих местах его пересекают палеоруслы р. Волги, а в восточной части — Урала. Северный склон центральной части Мангышлакского порога сравнительно крутой, образован уступами северного борта банки Кулалинской и мелководья того же названия. Обширную площадь Мангышлакского порога покрывают оолитово-терригенно-ракушечные пески с ракушкой [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1990; Состояние биоразнообразия..., 2000].

**ДПК II.1a2 Абразионная терраса Северо-Кавказского предгорья** (гл. 4-15 м)

Для ДПК характерны аккумулятивные условия осадконакопления. Соленость вод колеблется от 5 до более 8‰. Среди донных отложений преобладают алевриты, песчаные алевриты, алевропелиты, алевритовые пески. Наличие обширных по площади зон с преобладающими аккумулятивными условиями осадконакопления позволяет поддерживать соотношение трофических структур в донных сообществах, при которых среди доминирующих видов преобладают собирающие детритофаги, обитающие в толще донных осадков. Донная фауна в основном представлены видами автохтонного комплекса преобладают ракообразные и моллюски. Характерными видами зоопланктона являются *Calanipeda aqueductalis*, *Acartia clausi*, *Heterocope caspia*, *Podonevadne camptonux*, *P. angusta*. Для весеннего и летнего планктона характерно присутствие в массовом количестве личинок бентосных организмов. Весной до 50% общей биомассы планктона формируется личинками *Balanus*, а летом личинками *Mollusca* [Каспийское море..., 1985; Состояние и сохранение..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

В пределах ДПК можно выделить следующие фации:

1. фации, приуроченные к зонам влияния твердого стока рек у аккумулятивно-морских, абразионно-аккумулятивных, аккумулятивно-аллювиальных берегов западного побережья Каспийского моря, которые формируются в условиях активного волнового перемешивания и действия придонных

течений. Донные отложения представлены мелко- и тонкозернистыми песками с примесью створок ракуши и ракушечного детрита;

2. фации, приуроченные к зоне влияния стока малых рек западного побережья, формируются в условиях активного волнового перемешивания и действия придонных течений. Основную роль в их формировании играет перенос и дифференциация осадочного вещества вдольбереговыми течениями. Донные отложения в основном представлены алевритовыми песками и песчаными алевритами, которые дрейфуют и меняют свое местоположение в зависимости от гидродинамической обстановки [Леонтьев, Маев и др., 1977; Каспийское море..., 1990].

### **ДПК II. 1a3 Денудационно-эрозионная структурная прибрежная равнина полуострова Тюб-Караган (гл. 0-12 м)**

В донных отложениях преобладает крупный и средний песок, который состоит преимущественно из ракушечного и оолитового материала. Карбонатность шельфовых отложений достигает 90,96%. Широко распространена ракуша, которая образует заметную примесь к другим грунтам, причём нередко в чистом, перемытом виде [Леонтьев, Маев и др., 1977]. Распространены зеленые, диатомовые, красные, бурые и харовые водоросли, их пышное развитие наблюдается на глубине до 20 м. Из бурых водорослей довольно часто встречаются зктокарпус и моносифон, из красных — лауренция и полисифония [Состояние и сохранение..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

### **Округ ДПК II.2 Округ Вневолнового воздействия**

ДПК, отличающийся повышенными углами наклона дна, представляет собой денудационно-абразионную равнину, для которой основным рельефообразующим фактором выступает волнение моря. Шельф сложен из мелкозернистых терригенных отложений: у берега это мелкий и средний песок, на глубине 15 - 20 м — песчанистый ил и ил, на краю шельфа — пылеватый и мелкий песок. Материковый склон выложен песчанистым илом. Подводный склон восточного побережья сложен крупно- и среднезернистым песком. Заметную примесь составляет ракуша [Леонтьев, Маев и др., 1977; Отчет о результатах..., 2001].

В зоопланктоне наиболее разнообразно представлены *Infusoria* (более 70 видов), за ними следуют *Rotatoria* (более 50 видов), *Cladocera* (~30 видов) и *Copepoda* (более 20 видов). Основу состав-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ляют веслоногие рачки (*Cooperoda*), формируя 77% общей биомассы. Наибольшие количественные показатели биомассы и численности зоопланктона отмечались у западного побережья: в 2 раза больше, чем на восточном. В макрозообентосе отмечено 142 таксона, широко представлены виды автохтонного комплекса в основном ракообразные (71 вид) и моллюски (53 вида), вместе они составляют более 86% видового состава донной фауны. Средиземноморские вселенцы, по сравнению с автохтонными беспозвоночными составляют незначительную часть от видового состава донной фауны — 12 видов. В нектобентосе наиболее массовыми видами являются *Mysidae caspia*, *Pandalus kessleri* [Состояние и сохранение..., 2000; Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002].

В западной части ДПК биомасса донных беспозвоночных составляет 27,5 г/м<sup>2</sup>. Важная роль в формировании биомассы зообентоса принадлежит моллюскам — до 85%, а также червям — до 11%. Летом основной вклад в формирование биомассы принадлежит моллюскам — 75%, биомасса — до 21,8 г/м<sup>2</sup>. Основная масса моллюсков приходится на глубины от 20 до 50 м (биомасса до 26,2 г/м<sup>2</sup>), с увеличением глубины биомасса снижается.

В восточной части ДПК зимой общая биомасса бентоса составляет 96,8 г/м<sup>2</sup>, 95% приходится на биомассу моллюсков. Летом биомасса бентоса не превышает 3,5 г/м<sup>2</sup>. На глубинах до 50 м биомасса составляет в среднем 3,7 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая биомасса нереиса в Среднем Каспии наблюдалась на глубине до 10 м на илистых и илисто-песчаных грунтах [Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002; Отчет о результатах..., 2001].

### ДПК II.2a1 Аграханская терраса (гл. 10-45 м)

Донные отложения в основном имеют биогенное происхождение, при этом преобладает фракция более 1 мм, представленная целыми раковинами пластинчатожаберных и брюхоногих моллюсков и их обломками. Пески представлены крупно-, средне и мелкозернистыми разностями. По составу это преимущественно детритовые образования с незначительной примесью терригенных материалов. Пески обычно присутствуют в качестве заполнителя и не образуют обособленных полей. Значительное развитие получили алевриты и алевритовые илы, на отдельных участках занимающие доминирующее положение. В западной половине ДПК развиты алевритовые отложения, а в восточной преобладают поля ракуши [Леонтьев, Маев и др., 1977; Отчет о результатах..., 2001].

Биомасса фитопланктона формируется в основном за счет *Rhizosolenia fragilissima* и *Exuviaella cordata*, *Rhizosolenia calcaravis*. Видовое разнообразие

зоопланктона невелико, преобладают морские и эвригалитные копеподы. В многоводные годы и в половодье в зоопланктоне широко представлены пресноводные и солоноватоводные коловратки и ветвистоусые рачки. Нередко в зоопланктоне встречаются личинки моллюсков и баянуса. Доминирующими видами зообентоса являются моллюски митилястер, дрейссена и абра, субдоминантами выступают черви, главным образом, nereis, и ракообразные — амфиподы. Доминирующее положение по численности и биомассе занимают *Mytilaster lineatus* и *Dreissena rostriformis* [Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002; Отчет о результатах..., 2001].

### **ДПК II.2a2 Подводный склон Северо-Кавказского предгорья (гл. 10-25 м)**

Располагается в относительно глубоководной транзитно-аккумулятивной части шельфа. Для данного ДПК характерны аккумулятивно-транзитные условия осадконакопления. Среди осадков преобладают тонко- и мелкозернистые пески, алевроитовые пески с повсеместно присутствующей ракушей. В восточной части ДПК ракуши в осадках больше [Леонтьев, Маев и др., 1977].

В разнообразных и благоприятных условиях структура донных сообществ представлена сочетанием практически всех трофических групп. По числу видов в зоопланктоне доминируют ветвистоусые (*Cladocera*) — 55-25% от общего числа видов, чаще всего встречаются *Podon polyphemoides*, *Podonevadne trigona* и др. Среди веслоногих рачков доминирующими видами являются *Eurytemora grimmeri*, *Acartia clausi*, *Calanipeda aquaedulcis*, *Limnocalanus grimaldii* [Состояние биоразнообразия..., 2000; Сокольский, Курашова и др., 2002; Отчет о результатах..., 2001].

В пределах ДПК можно выделить следующие фации:

1. волновые, относительно мелководные, донные отложения: пески мелко и среднезернистые с карбонатным материалом;
2. волновые, дрейфовые в относительно глубоководной транзитно-аккумулятивной зоне, формируются в зависимости от сезонной литодинамической и гидрологической обстановки в условиях активного волнового переноса и гранулометрической дифференциации осадков, донные отложения: пески мелкозернистые и тонкозернистые.

### **ДПК II.2a3 Волнистая наклонная шельфовая равнина материковой отмели (гл. 25-45 м)**

Рельеф осложнен затопленными речными долинами и другими эрозионными формами рельефа. Для ДПК характерны транзитные условия осадконакопления. Располагается в относительно глубо-

ководной зоне транзитно-аккумулятивного шельфа. Донные отложения в основном представлены ракушей и ракушечным детритом. Ракушечники в относительно глубоководной транзитно-аккумулятивной зоне хорошо отсортированы и промыты под воздействием сильных течений и периодических волнений, выносящих к берегу или в глубоководную часть моря основную массу песчаных и алевропелитовых фракций осадков. [Леонтьев, Маев и др., 1977]. Это связано с выносом тонкодисперсного материала из этой области к западному побережью. В этих условиях доминирующие виды бентосных сообществ представлены в основном фильтраторами, обитающими на поверхности грунта [Состояние биоразнообразия..., 2000; Отчет о результатах..., 2001].

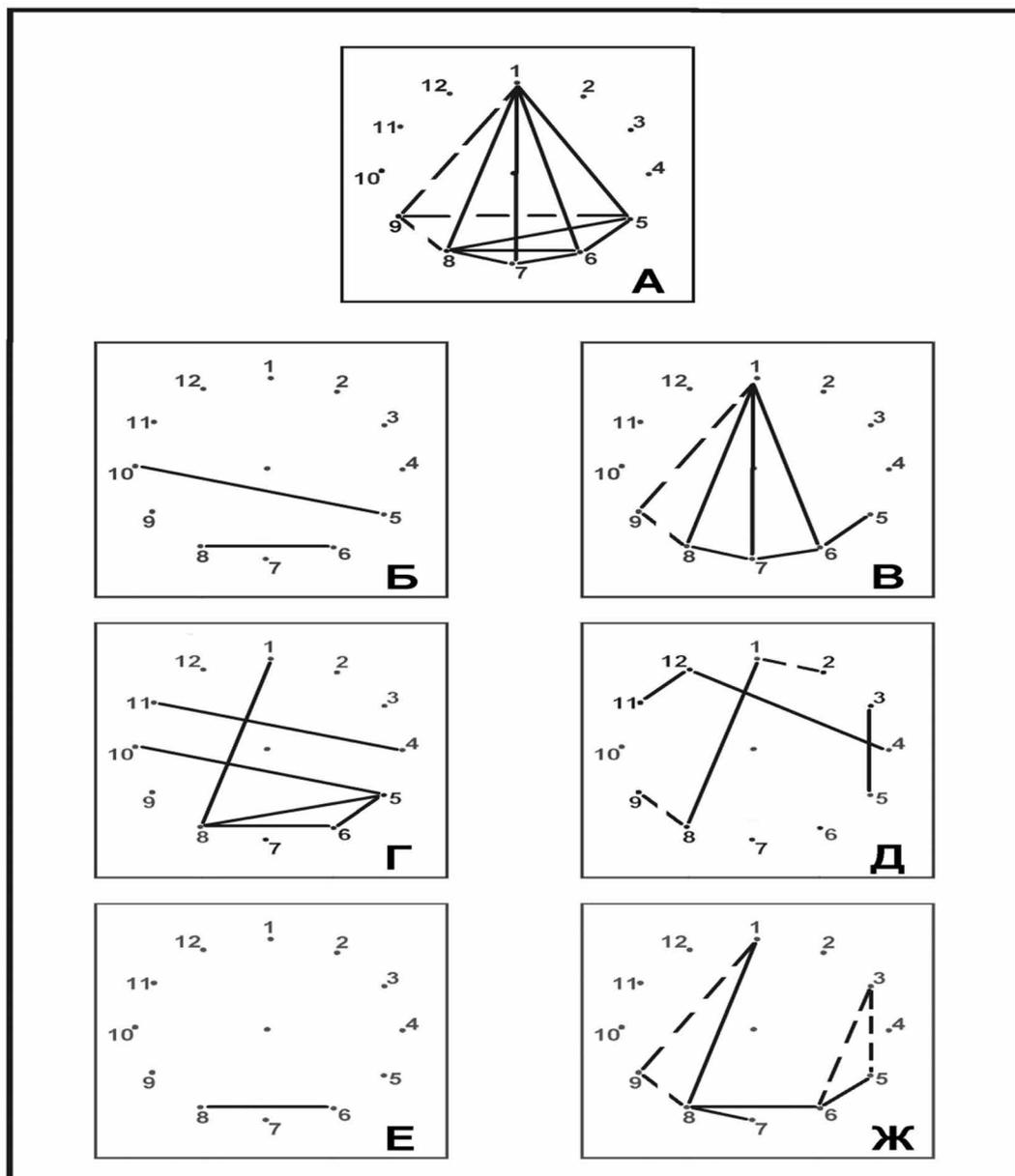
### **2.5. Количественное обоснование дифференциации ДПК ранга областей и подобластей**

Для подтверждения количественными методами обособление и иерархическое соподчинение выделенных ДПК, между показателями для всего исследуемого региона, каждой области (Северокаспийской и Среднекаспийской) и подобластей - Северокаспийской прибрежной и Северокаспийской приглубой были рассчитаны матрицы парных коэффициентов корреляции. Было подготовлено 7 матриц переменных: первая — характеризует весь исследуемый регион, объединяя данные 184 точек наблюдения и состоит из 12 столбцов и 184 строк; вторая — для Северокаспийской области размером  $12 \times 129$ ; третья — для Северокаспийской прибрежной подобласти размером  $12 \times 51$ ; четвертая — для Северокаспийской приглубой подобласти размером  $12 \times 78$ ; пятая — для Среднекаспийской области размером  $12 \times 54$ ; шестая — для подобласти Среднекаспийская материковая отмель Волнового воздействия размером  $12 \times 21$ ; седьмая — для подобласти Среднекаспийская материковая отмель Вневолнового воздействия склон размером  $12 \times 33$ . На основе проведенных расчетов построены графы, представляющие общую картину значимых корреляционных связей ДПК исследуемого региона (рис. 2.3). Данные построения были сделаны с целью обоснования иерархической структуры ДПК, так как они подобны, если имеют однородную структуру значимых корреляционных связей. ДПК, имеющие одинаковую структуру значимых корреляционных связей, принадлежат одному и тому же рангу и, соответственно, имеют одноименное морфологическое наименование в иерархической структуре. Результаты сопоставления полученных граф-связей представлены

ниже. Весь регион имеет набор значимых положительных взаимоперекрещивающихся корреляционных связей зимней температуры с глубиной, соленостью, максимальной высотой волн и биомассой зоопланктона, показывающей, что в связи с особенностями географического положения и увеличивающейся глубиной Каспийского моря в направлении с севера на юг, перечисленные показатели закономерно возрастают (табл. 2.3; рис. 2.3а). Блок значимых отрицательных корреляционных связей биомассы фитопланктона с зимней температурой поверхности моря, соленостью и максимальной высотой волн, показывает, что с отдалением от устьевых областей рек, впадающих в Северный Каспий, продукционный потенциал региона уменьшается.

Граф связей Северокаспийской области из всего набора значимых корреляций, перечисленного при описании всего региона, сохраняет положительную корреляцию X6 — X8, показывающую, что, несмотря на незначительные глубины, с увеличением глубины растет максимальная высота волн (табл. 2.3, рис. 2.3б). Кроме того, для Северокаспийской области выявлена значимая положительная корреляция между соленостью и биомассой зообентоса, показывающая, что в формировании кормовой базы рыб данной области типичные морские виды бентоса имеют наибольшую значимость. Граф связей Среднекаспийской области, имеет гораздо больше общих черт с графом связей всего изучаемого региона, чем с графом Северокаспийской области, несмотря на то, что исследована только ее северная часть (табл. 2.3, рис. 2.3в). В данном случае, по сравнению со всем регионом, отсутствует значимая положительная корреляция солености с зимней температурой и отрицательная с биомассой фитопланктона, так как данная область находится вне зоны влияния речного стока, в силу более южного географического положения имеет более высокие зимние температуры, всегда свободна ото льда и, по сравнению с Северокаспийской областью, имеет меньшую продуктивность.

Граф связей Северокаспийской прибрежной подобласти несет в себе элементы Северокаспийской области и всего региона, а также имеет свои особенности. Значимыми остаются корреляции X1 — X8, X6 — X8 и X5 — X6, присущие всему региону и показывающие важность в формировании данного природного комплекса положительной взаимозависимости глубины с максимальной высотой волн и соленостью, а также высот волн с зимней температурой, указывающей на важность гидродинамической активности в формировании гидромикrokлимата в зимних условиях прибрежной зоны Северной области Каспийского моря (табл. 2.3, рис. 2.3г).



А — весь регион; Б — Северокаспийская область; В — Среднекаспийская область; Г — Северокаспийская прибрежная подобласть; Д — подобласть Среднекаспийской материковой отмели, округ Волнового воздействия; Е — Северокаспийская приглубая подобласть; Ж — подобласть Среднекаспийской материковой отмели, округ Вневолнового воздействия; пунктирная линия — отрицательная корреляционная связь; сплошная линия — положительная корреляционная связь

Рис. 2.3. Граф значимых корреляционных связей исследуемого региона

Таблица 2.3. Значимые корреляционные связи ( $r > 0,65$ ) ДПК исследуемого региона Каспийского моря

|  |  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                      |                      |                     |                     |                     |                      |                     |                     |                     |                     |                       |
|--|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|  |  | <b>1</b> ↔ <b>2</b> | <b>1</b> ↔ <b>5</b> | <b>1</b> ↔ <b>6</b> | <b>1</b> ↔ <b>7</b> | <b>1</b> ↔ <b>8</b> | <b>1</b> ↔ <b>9</b> | <b>3</b> ↔ <b>5</b> | <b>3</b> ↔ <b>6</b> | <b>3</b> ↔ <b>8</b> | <b>4</b> ↔ <b>11</b> | <b>4</b> ↔ <b>12</b> | <b>5</b> ↔ <b>6</b> | <b>5</b> ↔ <b>8</b> | <b>5</b> ↔ <b>9</b> | <b>5</b> ↔ <b>10</b> | <b>6</b> ↔ <b>7</b> | <b>6</b> ↔ <b>8</b> | <b>7</b> ↔ <b>8</b> | <b>8</b> ↔ <b>9</b> | <b>11</b> ↔ <b>12</b> |
| Весь регион  |  | -0,14               | <b>+0,73</b>        | <b>+0,80</b>        | <b>+0,83</b>        | <b>+0,96</b>        | <b>-0,68</b>        | +0,20               | -0,14               | +0,11               | +0,38                | +0,17                | <b>+0,76</b>        | <b>+0,84</b>        | <b>-0,65</b>        | +0,48                | <b>+0,75</b>        | <b>+0,83</b>        | <b>+0,83</b>        | <b>-0,67</b>        | +0,02                 |
| Северокаспийская область   |  | -0,05               | +0,16               | +0,36               | +0,07               | +0,47               | -0,08               | +0,48               | +0,32               | +0,44               | +0,32                | -0,12                | +0,60               | +0,60               | -0,37               | <b>+0,65</b>         | +0,06               | <b>+0,72</b>        | +0,10               | -0,30               | -0,22                 |
| Северокаспийская прибрежная подобласть                             |  | -0,04               | +0,37               | +0,45               | +0,08               | <b>+0,81</b>        | -0,30               | +0,23               | +0,35               | +0,35               | <b>+0,65</b>         | -0,37                | <b>+0,66</b>        | <b>+0,65</b>        | -0,37               | <b>+0,67</b>         | -0,001              | <b>+0,78</b>        | +0,11               | -0,21               | -0,45                 |
| Северокаспийская приглубая подобласть                              |  | -0,05               | +0,23               | +0,12               | +0,07               | +0,37               | +0,05               | +0,40               | +0,25               | +0,20               | +0,30                | +0,13                | +0,55               | +0,42               | -0,21               | +0,60                | +0,20               | <b>+0,75</b>        | +0,16               | -0,15               | -0,11                 |
| Среднекаспийская область   |  | -0,52               | +0,35               | <b>+0,67</b>        | <b>+0,75</b>        | <b>+0,93</b>        | <b>-0,76</b>        | -0,38               | -0,60               | -0,38               | +0,45                | +0,55                | <b>+0,73</b>        | +0,51               | -0,30               | -0,08                | <b>+0,65</b>        | <b>+0,77</b>        | <b>+0,78</b>        | <b>-0,66</b>        | +0,56                 |
| Округ Волнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели    |  | <b>-0,67</b>        | -0,45               | +0,21               | +0,12               | <b>+0,73</b>        | -0,60               | <b>+0,65</b>        | +0,40               | -0,32               | +0,25                | <b>+0,77</b>         | +0,60               | -0,20               | -0,01               | +0,60                | -0,03               | +0,37               | -0,08               | <b>-0,66</b>        | <b>+0,67</b>          |
| Округ Вневолнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели |  | -0,38               | +0,15               | +0,46               | +0,61               | <b>+0,87</b>        | <b>-0,81</b>        | <b>-0,65</b>        | <b>-0,75</b>        | <b>-0,65</b>        | +0,52                | +0,18                | <b>+0,69</b>        | +0,40               | -0,19               | -0,30                | +0,44               | <b>+0,72</b>        | <b>+0,73</b>        | <b>-0,65</b>        | +0,42                 |

Условные обозначения: **1** – среднесуточная температура поверхности моря за февраль (°С); **2** – гранулометрический состав донных отложений (мм); **3** – распределение целой и битой ракушки (проективное покрытие) в %; **4** – содержание  $O_2$  (мг/л) на поверхности моря; **5** – среднегодовая соленость воды (‰) на поверхности моря; **6** – глубина (м); **7** – общая биомасса зоопланктона (г/м<sup>2</sup>); **8** – максимальная высота волн (м); **9** – общая биомасса фитопланктона (мг/м<sup>3</sup>); **10** – общая биомасса зообентоса (г/м<sup>2</sup>); **11** – среднесуточная температура воды на поверхности моря, август (°С); **12** – среднегодовое содержание суммарных нефтяных углеводородов (НУ) (мг/л) в толще воды, символом «+» отмечена значимая положительная корреляция; символом «-» отмечена значимая отрицательная корреляция.

Значимая для Северокаспийской области положительная корреляция между соленостью и распределением зообентоса оказалась важной и для данной подобласти, так как эта довольно значительная часть Северного

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Каспия имеет разнообразный гидрохимический режим. Кроме перечисленных связей, данная подобласть отличается характерной положительной корреляцией между содержанием кислорода и летней температурой поверхностных вод, указывающую на проблему эвтрофирования прибрежных вод Северной мелководной области в летний период.

Приглубая Северокаспийская подобласть, занимающая всю центральную часть Северного Каспия, характеризуется одной положительной значимой корреляцией глубина — максимальная высота волн, присущей как всему региону, так и всей Северокаспийской области (*табл. 2.3, рис. 2.3д*). Эта корреляция указывает на важность данной ландшафтообразующей составляющей, играющей значительную роль во всех природных процессах, включающей формирование донного рельефа, отложения и переотложения донных и влекомых наносов, перемешивания водной толщи и формирования кислородного режима, важного для биоты.

Для округа Волнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели сохраняется ряд связей присущих как всему региону, так и всей Среднекаспийской области, а именно: значимая положительная корреляция между максимальной высотой волн и среднемноголетней температурой вод в зимний период и отрицательная — между максимальной высотой волн и распределением биомассы фитопланктона (*табл. 2.3, рис. 2.3е*). Эти корреляции показывают, что по мере продвижения на юг и с увеличением зимних температур возрастают высоты волн, а также что на акваториях с пониженной гидродинамической активностью продуктивность возрастает. Кроме перечисленных, данный округ имеет собственный набор значимых корреляционных связей, а именно значимая положительная корреляция содержанием распределением нефтяных углеводородов и летними температурами, показывающая, что по мере продвижения на юг к местам разработки на шельфе нефтяных месторождений количество НУ в прибрежных водах Среднего Каспия возрастает. Положительная корреляция между содержанием битой ракушки и соленостью вод указывает на приоритетное развитие донной фауны морского типа.

В графе связей округа Вневолнового воздействия подобласти Среднекаспийской материковой отмели присутствуют корреляции, общие и для всего региона и для Среднекаспийской области — это X1 — X9, X8 — X9, X1 — X8, X7 — X8, X5 — X6, общие для данной подобласти и для округа Волнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели — X3 — X5, а также и корреляции, характерные только для данного округа. Это отрицательные корреляции X3 — X6 и X3 — X8, показывающие, что в условиях значительных глубин, которые характерны для данной подобласти, сильная гидродинамическая активность является препятствием развития моллюсков - важной составляющей кормовой базы бентосоядных рыб Каспийского моря (*табл. 2.3, рис. 2.3ж*).

При разработке методики классификации ДПК северного региона Каспийского моря проведен анализ натуральных данных, обработанных количественными и традиционными методами. Это позволило выявить ряд закономерностей и обоснованно сгруппировать донные природные комплексы по наличию совокупностей значимых корреляционных связей, после чего осуществить их типологию, т. е. выявить группы однородных, схожих ДПК от физико-географических областей до фаций. Для исследуемой акватории рекомендована следующая физико-географическая классификация ДПК: физико-географическая страна — область — подобласть — округ — ландшафт — местность — урочище — подурочище — ряд фаций — фации. В качестве главных классификационных признаков выбраны береговые ландшафты вдоль береговой линии, рельеф дна, гранулометрический состав донного грунта, гидрологические и гидродинамические параметры водных масс, фито- и зоопланктон, зообентос.

В пределах исследуемой акватории Каспийского моря (являющегося физико-географической страной) выделены две физико-географические области — Северокаспийская и Среднекаспийская; три подобласти — Северокаспийская прибрежная, Северокаспийская приглубая, Среднекаспийская материковая отмель; две провинции Северокаспийская Западная и Северокаспийская Восточная; шесть округов — Западный округ Северокаспийской прибрежной подобласти, Восточный округ Северокаспийской прибрежной подобласти, Западный округ Северокаспийской приглубой подобласти, Восточный округ Северокаспийской приглубой подобласти, округ Волнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели и округ Вневолнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели; четыре района Волжская придельтовая аккумулятивная равнина, Сулакско-Терско-Кумская аккумулятивная равнина, Заволжско-Уральская аккумулятивная равнина, Северный Мангышлак; 25 ландшафтов — Внутреннее придельтовое устьевое взморье р. Волги, Внешнее придельтовое устьевое взморье р. Волги, Сулакская дельтовая аллювиально-аккумулятивная заболоченная равнина, Терская морская аккумулятивная дельтовая равнина, Терско-Кумская морская аккумулятивная равнина междуречья, морская аккумулятивная равнина Кизлярских лиманов, Кумская дельтовая аккумулятивная равнина, Причерноземельная морская аккумулятивная равнина, морская аккумулятивная заболоченная равнина Волго-Уральского междуречья с лагунами, Уральская дельтовая аллювиально-аккумулятивная равнина, морская аккумулятивная равнина Урало-Эмбенского междуречья, Прикаспийский Каракум, морская шоровая солончаковая аккумулятивная равнина сор Мертвый Култук, морская аккумулятивная равнина Бузачи, Мангышлакский залив, Уральская Бороздина, Урало-Эмбенская равнина, Западная Волго-Каспийская равнина, Восточная Волго-Каспийская равнина,

## **ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

Мангышлакский порог, абразионная терраса Северо-Кавказского предгорья, денудационно-эрозионная структурная прибрежная равнина п-ова Тюб-Караган, Аграханская терраса, подводный склон Северо-Кавказского предгорья, волнистая наклонная шельфовая равнина Среднекаспийской материковой отмели; четыре местности и 41 сложное урочище.

Обоснование иерархического соподчинения ПК от областей до ряда округов проведено с применением количественных методов. Получено, что каждая из выделенных областей и подобластей имеет свои природные особенности, выраженные в значимых корреляционных связях, заметить которые без привлечения численных методов практически невозможно. Граф-связи всего исследуемого региона, его областей и подобластей подобны и имеют иерархическое соподчинение, доказанное количественными методами. Следующие более низкие по рангу единицы физико-географического районирования (от округа до фации) выделялись традиционным методом комплексного использования результатов исследований компонентов, представленных в виде набора карт и описанием выявленных закономерностей. Полученные результаты представлены в виде картосхемы ДПК.

## ГЛАВА III

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО  
КАСПИЯ****3.1. Методический подход к построению факторной матрицы**

Одним из критериев устойчивого состояния экосистемы Каспийского моря мы принимаем, согласно утверждению С.А. Зернова [1934] является благополучие популяции долгоживущих осетровых рыб, как находящихся на верхнем уровне трофической цепи водной экосистемы, популяция которых в настоящее время испытывает сильное антропогенное воздействие. В связи с вышеизложенным, одним из важнейших показателей устойчивого состояния ДПК северной части Каспийского моря принимаются гидроэкологические условия, благоприятные для существования популяции осетровых рыб на протяжении всего их жизненного цикла [Митина, Малашенков, 2009; Митина, Малашенков, Телитченко, 2010]. Различные донные природные комплексы (ДПК) северного Каспия имеют особое значение для их нереста, нагула, транзита и зимовки, и каждый из участков акватории важен для нормального функционирования популяции. Поэтому для разработки природоохранных мер с целью сохранения уникальной продуктивности северного региона Каспийского моря необходимо определить ландшафтообразующие факторы подводных природных комплексов и выявить на количественном уровне значимость каждого из них, так как в естественной среде водоема практически невозможно отделить воздействие на осетровых рыб одного фактора от другого, а тем более количественно оценить роль каждого из них.

Для выявления значимости влияния различных параметров на распределение плотности осетровых рыб, весь массив данных был обработан с использованием метода факторного анализа [Браверман, Мучник, 1983]. Это помогло выделить из числа измеряемых переменных небольшое число скрытых факторов, характеризующих основные особенности распределения осетровых рыб. Измеряемые переменные включали: X1 — среднемноголетняя температура поверхности моря за февраль (°C); X2 — границы распространения льда (закодировано в баллах); X3 — распределение NO<sub>2</sub> на поверхности моря (мкг NO<sub>2</sub>/л); X4 — распределение O<sub>2</sub> (мг/л) на поверхности моря; X5 — среднегодовое распределение солености (‰) поверхностных вод моря; X6 — радиационный баланс за год (МДж/м<sup>2</sup>); X7 — глубина, (м); X8 — расстояние от Волго-Каспийского магистрального канала (в километрах); X9 — распределение общей био-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

массы зоопланктона ( $\text{г/м}^2$ ) в Каспийском море; X10 — распределение общей биомассы фитопланктона ( $\text{мг/м}^3$ ); X11 — распределение биомассы зообентоса ( $\text{г/м}^2$ ); X12 — среднегодовое распределение фенолов ( $\text{мг/л}$ ) в толще воды; X13 — среднегодовое распределение нефтяных углеводородов (НУ) ( $\text{мг/л}$ ) в толще воды; X14 — встречаемость 5 видов осетровых рыб (подвиды и формы не выделяли). Среди них: русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii Brandt*); шип (*Acipenser nudiiventris Lovetsky*); персидский осетр (*Acipenser persicus Borodin*); стерлядь (*Acipenser stellatus Pallas*); белуга (*Huso huso Linnaeus*) (закодировано в баллах). Таким образом, выделенные переменные позволяют охарактеризовать весь комплекс компонентов, составляющих ДПК (табл. 3.1).

Для количественного обоснования структурных изменений во взаимосвязях компонентов ДПК, выполняющих различные функции в морской экосистеме, исходная матрица переменных, характеризующая весь исследуемый регион, была соответствующе разделена. В результате было составлено четыре матрицы переменных: первая — характеризующая весь исследуемый участок акватории и объединяющая данные всех точек наблюдений состояла из 14 столбцов и 211 строк; вторая — для Северокаспийской-прибрежной подобласти размером  $14 \times 69$ ; третья — для Северокаспийской-приглубой подобласти размером  $14 \times 77$ ; четвертая — для северной части Среднекаспийской подобласти размером  $14 \times 65$  — в нее вошли данные точек наблюдений, находящихся в акватории, включающей Мангышлакский порог и южнее его.

**Таблица 3.1.** Блок значимых парных корреляционных связей между некоторыми интегральными и другими параметрами, характеризующие подводные природные комплексы исследуемой акватории

| Параметр                                 | Значимые корреляции ( $r \geq 0.7$ )  |
|--|---|
| Зимняя температура поверхности моря (п.) | Са дно (д.) (0.7). Mg п. (0.7). $\text{NO}_2$ п. (-0.8). $\text{NO}_2$ д. (-0.7). $\text{NH}_4$ п. (-0.7). радиационный баланс (0.8). биомасса зообентоса (0.7). распространение льда (-0.9). $\text{HCO}_3$ п. (0.7). CL п. (0.7). глубина (0.7). высота волн (0.8). биомасса зоопланктона (0.8). биомасса фитопланктона (-0.8). соленость (0.7)   |
| Распространение льда                     | высота волн (-0.8). щелочность (-0.7). соленость (-0.8). биомасса зоопланктона (-0.7). биомасса фитопланктона (0.7). зимняя температура воды (0.9). CL п. (-0.7). CL д. (-0.7). $\text{SO}_4$ п. (-0.7). $\text{SO}_4$ д. (-0.7). $\text{HCO}_3$ п. (-0.7). $\text{HCO}_3$ д. (-0.7). Са п. (-0.7). Са д. (-0.7). Mg п. (-0.7). Mg д. (-0.7). $\text{NO}_2$ п. (0.8). $\text{NO}_2$ д. (0.7). радиационный баланс (-0.8). биомасса зообентоса (0.7) |
| $\text{NO}_2$ п.                         | $\text{NH}_4$ п. (0.8). соленость (-0.8). радиационный баланс (-0.8). распространение льда (-0.8). биомасса фитопланктона (0.7). зимняя температура воды (-0.7). CL п. (-0.7). CL д. (-0.7). $\text{SO}_4$ п. (-0.7). $\text{SO}_4$ д. (-0.7). $\text{HCO}_3$ п. (-0.7). $\text{HCO}_3$ д. (-0.7). Са д. (-0.7). Са п. (-0.7). Mg д. (-0.7). Mg п. (-0.7)   |

|   |  |
|---|--|
| О <sub>2</sub> п.                                 | Щелочность (-0.8). биомасса зообентоса (-0.7)  |
| Соленость   | щелочность (0.8). радиационный баланс (0.7). биомасса зообентоса (0.8). распространение льда (-0.8). высота волн (-0.8). CL п. (0.7). CL д. (0.7). SO <sub>4</sub> п. (0.7). SO <sub>4</sub> д. (0.7). HCO <sub>3</sub> п. (0.7). HCO <sub>3</sub> д. (0.7). Ca д. (0.7). Ca п. (0.7). Mg п. (0.7). Mg д. (0.7). NO <sub>2</sub> п. (0.7). распределение НУ (-0.7)                       |
| Радиационный баланс                               | распространение льда (-0.8). соленость (0.8). биомасса фитопланктона (-0.7). зимняя температура воды (0.8). CL п. (0.7). CL д. (0.7). SO <sub>4</sub> п. (0.7). HCO <sub>3</sub> п. (0.7). HCO <sub>3</sub> д. (0.7). Ca п. (0.7). Ca д. (0.7). Mg д. (0.7). Mg п. (0.7). NO <sub>2</sub> п. (-0.8). NH <sub>4</sub> п. (-0.7)   |
| Глубина   | высота волн (0.9). биомасса зоопланктона (0.7). зимняя температура воды (0.7). щелочность (0.7). биомасса зообентоса (0.8)   |
| Расстояние от магистрального канала               | CL п. (0.8). CL д. (0.7). SO <sub>4</sub> п. (0.7). SO <sub>4</sub> д. (0.7). HCO <sub>3</sub> п. (0.7). HCO <sub>3</sub> д. (0.7). Ca п. (0.7). Ca д. (0.7). Mg д. (0.7). Mg п. (0.7)   |
| Биомасса зоопланктона                             | зимняя температура воды (0.8). распространение льда (-0.7). глубина (0.7). CL п. (-0.7). SO <sub>4</sub> п. (-0.7). SO <sub>4</sub> д. (-0.7). HCO <sub>3</sub> д. (-0.7). Ca п. (-0.7). Mg д. (-0.7). Mg п. (-0.7). NH <sub>4</sub> п. (0.7)  |
| Биомасса фитопланктона                            | зимняя температура воды (-0.8). CL п. (-0.8). CL д. (-0.7). SO <sub>4</sub> п. (-0.7). SO <sub>4</sub> д. (-0.7). HCO <sub>3</sub> п. (-0.7). HCO <sub>3</sub> д. (-0.7). Ca п. (-0.7). Ca д. (-0.7). Mg д. (-0.7). Mg п. (-0.7). NO <sub>2</sub> п. (0.7). NH <sub>4</sub> п. (0.7). NH <sub>4</sub> д. (0.7). радиационный баланс (-0.7). распространение льда (0.7). соленость (-0.7) |
| Биомасса зообентоса                               | зимняя температура воды (0.7). соленость (0.8). распространение льда (-0.7). глубина (0.8). высота волн (0.7)  |
| Распределение фенолов в толще воды                | суммарная солнечная радиация (0.7). NH <sub>4</sub> д. (-0.7). соленость (-0.7)  |
| Распределение нефтяных углеводородов в толще воды | суммарная солнечная радиация (-0.7). NH <sub>4</sub> д. (0.7).   |

В таблицах 3.2 - 3.5 представлены парные линейные коэффициенты корреляции выбранных параметров. Более половины показателей имеет величины  $r > 0.3$ , следовательно, выбранные для анализа данные репрезентативны. Применение метода главных компонент к анализу корреляционной матрицы позволяет выделить главные факторы, влияющие на распределение осетровых в каждом выделенном участке и оценить их значимость. Также показан суммарный вклад выделенных факторов в общую дисперсию.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

**Таблица 3.2.** Матрица парных коэффициентов корреляции выбранных переменных для всего региона

| Переменная | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9    | 10    | 11    | 12    | 13   | 14 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|----|
| X1         | 1     |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |    |
| X2         | -0.77 | 1     |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |    |
| X3         | -0.2  | 0.41  | 1     |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |    |
| X4         | 0.3   | 0.02  | 0.38  | 1     |       |       |       |       |      |       |       |       |      |    |
| X5         | 0.61  | -0.78 | -0.58 | -0.3  | 1     |       |       |       |      |       |       |       |      |    |
| X6         | 0.35  | -0.55 | -0.38 | -0.4  | 0.61  | 1     |       |       |      |       |       |       |      |    |
| X7         | 0.75  | -0.75 | -0.46 | -0.05 | 0.79  | 0.46  | 1     |       |      |       |       |       |      |    |
| X8         | -0.01 | 0.05  | -0.16 | 0.05  | -0.03 | -0.16 | -0.03 | 1     |      |       |       |       |      |    |
| X9         | 0.51  | -0.41 | 0.01  | 0.3   | 0.31  | 0.21  | 0.43  | -0.16 | 1    |       |       |       |      |    |
| X10        | -0.32 | 0.36  | 0.31  | 0.21  | -0.47 | -0.41 | -0.32 | -0.12 | -0.1 | 1     |       |       |      |    |
| X11        | 0.31  | -0.5  | -0.36 | -0.24 | 0.62  | 0.53  | 0.37  | -0.08 | 0.07 | -0.5  | 1     |       |      |    |
| X12        | -0.43 | 0.55  | 0.01  | 0.16  | -0.55 | -0.55 | -0.42 | 0.42  | -0.4 | 0.24  | -0.42 | 1     |      |    |
| X13        | 0.25  | -0.26 | 0.08  | 0.04  | 0.23  | 0.31  | 0.12  | -0.2  | 0.3  | -0.04 | 0.17  | -0.65 | 1    |    |
| X14        | -0.1  | 0.17  | 0.18  | 0.21  | -0.13 | -0.16 | -0.15 | -0.13 | 0.21 | 0.12  | -0.17 | -0.03 | 0.12 | 1  |

В таблице 3.6 приведены главные компоненты в факторном анализе. Колонки таблицы характеризуют полученные общие факторы для выделенных участков, вклад которых в суммарную дисперсию различен и определяется собственными числами и их вкладом в процентах в общую дисперсию. Также показан суммарный вклад выделенных факторов в общую дисперсию. Из таблицы 3.6 видно, что первые три фактора, выделенные для каждого рассматриваемого участка, определяют для всего региона 67,9%, для Северокаспийской-прибрежной подобласти 66,4%, для Северокаспийской-приглубой подобласти — 66,6% и для северной части Среднекаспийской подобласти — 72,0% дисперсии распределения осетровых, то есть на них приходится основная часть изменчивости всех переменных. Поэтому для дальнейшего анализа мы берем

**Таблица 3.3.** Матрица парных коэффициентов корреляции выбранных переменных для Северокаспийской-прибрежной подобласти

| Пере-<br>мен-<br>ная | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13   | 14 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| X1                   | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X2                   | -0.71 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X3                   | -0.23 | 0.5   | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X4                   | 0.15  | 0.16  | 0.37  | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X5                   | 0.37  | -0.65 | -0.54 | -0.41 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X6                   | 0.31  | -0.69 | -0.42 | -0.54 | 0.6   | 1     |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X7                   | 0.45  | -0.54 | -0.54 | -0.22 | 0.65  | 0.46  | 1     |       |       |       |       |       |      |    |
| X8                   | 0.02  | -0.03 | -0.24 | 0.05  | 0.1   | -0.19 | 0.03  | 1     |       |       |       |       |      |    |
| X9                   | 0.08  | 0.05  | 0.12  | 0.1   | -0.18 | 0.09  | -0.0  | -0.22 | 1     |       |       |       |      |    |
| X10                  | -0.31 | 0.5   | 0.43  | 0.06  | -0.37 | -0.18 | -0.04 | -0.44 | 0.2   | 1     |       |       |      |    |
| X11                  | 0.35  | -0.66 | -0.3  | -0.11 | 0.67  | 0.67  | 0.44  | -0.02 | -0.1  | -0.26 | 1     |       |      |    |
| X12                  | -0.35 | 0.34  | -0.21 | 0.32  | -0.3  | -0.55 | -0.14 | 0.46  | -0.21 | -0.09 | -0.36 | 1     |      |    |
| X13                  | 0.32  | -0.3  | 0.09  | -0.37 | 0.3   | 0.38  | 0.07  | -0.21 | -0.03 | -0.05 | 0.33  | -0.83 | 1    |    |
| X14                  | -0.21 | 0.3   | 0.24  | -0.11 | -0.06 | -0.04 | -0.12 | -0.18 | 0.42  | 0.08  | -0.3  | -0.08 | 0.14 | 1  |

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

**Таблица 3.4.** Матрица парных коэффициентов корреляции выбранных переменных для Северокаспийской-приглубой подобласти

| Переменная | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13   | 14 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| X1         | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X2         | -0.33 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X3         | 0.18  | 0.24  | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X4         | 0.2   | 0.35  | 0.43  | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X5         | 0.23  | -0.82 | -0.4  | -0.58 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X6         | 0.05  | -0.3  | -0.19 | -0.51 | 0.53  | 1     |       |       |       |       |       |       |      |    |
| X7         | 0.12  | -0.64 | -0.22 | -0.08 | 0.55  | 0.11  | 1     |       |       |       |       |       |      |    |
| X8         | -0.1  | 0.41  | -0.42 | 0.18  | -0.4  | -0.3  | -0.38 | 1     |       |       |       |       |      |    |
| X9         | 0.07  | -0.21 | 0.36  | 0.2   | 0.08  | -0.02 | 0.2   | -0.5  | 1     |       |       |       |      |    |
| X10        | 0.05  | 0.02  | -0.17 | 0.37  | -0.21 | -0.39 | -0.02 | 0.3   | 0.11  | 1     |       |       |      |    |
| X11        | 0.15  | -0.35 | -0.26 | -0.48 | 0.6   | 0.43  | 0.13  | -0.3  | -0.1  | -0.52 | 1     |       |      |    |
| X12        | -0.21 | 0.51  | -0.18 | 0.32  | -0.64 | -0.45 | -0.4  | 0.79  | -0.42 | 0.25  | -0.36 | 1     |      |    |
| X13        | 0.22  | -0.2  | 0.3   | 0.13  | 0.24  | 0.22  | 0.14  | -0.35 | 0.43  | 0.03  | 0.03  | -0.55 | 1    |    |
| X14        | 0.02  | 0.1   | 0.38  | 0.44  | -0.18 | -0.23 | 0.25  | -0.30 | 0.43  | 0.16  | -0.23 | -0.05 | 0.17 | 1  |

только три основных общих фактора, так как остальные вносят небольшой вклад в общую дисперсию. Это также подтверждают данные таблицы 3.7, в которых оценена пропорция изменчивости каждой переменной, характерная для трех извлеченных факторов [Митина, Малашенков, Телитченко, 2010].

**Таблица 3.5.** Матрица парных коэффициентов корреляции выбранных переменных для северной части Среднего Каспия

| Переменная | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10   | 11   | 12    | 13   | 14 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|----|
| X1         | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |       |      |    |
| X2         | -0.82 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |      |      |       |      |    |
| X3         | -0.52 | 0.58  | 1     |       |       |       |       |       |       |      |      |       |      |    |
| X4         | -0.04 | 0.21  | 0.45  | 1     |       |       |       |       |       |      |      |       |      |    |
| X5         | 0.35  | -0.33 | -0.5  | -0.53 | 1     |       |       |       |       |      |      |       |      |    |
| X6         | 0.52  | -0.64 | -0.57 | -0.57 | 0.61  | 1     |       |       |       |      |      |       |      |    |
| X7         | 0.7   | -0.59 | -0.55 | -0.4  | 0.73  | 0.7   | 1     |       |       |      |      |       |      |    |
| X8         | 0.8   | -0.72 | -0.49 | -0.24 | 0.31  | 0.44  | 0.55  | 1     |       |      |      |       |      |    |
| X9         | 0.7   | -0.72 | -0.46 | -0.07 | 0.33  | 0.63  | 0.62  | 0.4   | 1     |      |      |       |      |    |
| X10        | -0.76 | 0.6   | 0.39  | 0.01  | -0.3  | -0.2  | -0.44 | -0.62 | -0.38 | 1    |      |       |      |    |
| X11        | -0.07 | -0.03 | -0.06 | -0.06 | -0.05 | 0.16  | -0.04 | -0.3  | 0.21  | 0.21 | 1    |       |      |    |
| X12        | 0.6   | -0.55 | -0.38 | -0.24 | 0.13  | 0.32  | 0.23  | 0.6   | 0.42  | -0.5 | 0.01 | 1     |      |    |
| X13        | -0.16 | 0.24  | 0.42  | 0.6   | -0.3  | -0.35 | -0.24 | -0.3  | -0.11 | 0.18 | 0.13 | -0.38 | 1    |    |
| X14        | -0.23 | 0.3   | 0.55  | 0.45  | -0.3  | -0.3  | -0.25 | -0.2  | -0.23 | 0.36 | 0.03 | -0.20 | 0.46 | 1  |

В первой группе колонок (табл. 3.8 – 3.11) приведены факторные нагрузки 13 параметров на три общих фактора, полученные методом главных компонент, а во второй группе — окончательные факторные нагрузки, полученные в результате трех вращений. Вращения были сделаны для того, чтобы более полно оценить те нагрузки, которые оказывают отдельные переменные главных компонент и осуществлялись путем замены диагональных элементов корреляционной матрицы соответствующими оценками общности. Операция вращения факторной матрицы необходима для более точного и наглядного определения вклада каждой переменной в какой-либо из факторов и является конечной целью факторного анализа методом главных компонент. Действительно, при анализе таблиц 3.8 - 3.11 видно, что все значимые переменные (1 - 13) разбиваются по нагрузкам на выявленные три общие фактора, при этом каждая группа параметров вносит значительный вклад в какой-либо фактор и несет определенную смысловую нагрузку.

# ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Таблица 3.6. Главные компоненты, выделенные при факторном анализе

|   |                   | Факторы |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |                   | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
| Весь регион                             | Процент вариации  | 39,7    | 15,5  | 12,7  | 6,7   | 5,6   | 4,5   | 3,7   | 3,3   | 2,8   | 2,1   | 1,4   | 1,0   | 0,7   |
|   | Сумма процентов   | 39,7    | 55,2  | 67,9  | 74,6  | 80,3  | 84,8  | 88,6  | 91,9  | 94,8  | 96,8  | 98,2  | 99,2  | 100,0 |
|   | Собственные числа | 5,160   | 2,013 | 1,651 | 0,881 | 0,739 | 0,589 | 0,492 | 0,429 | 0,371 | 0,265 | 0,182 | 0,131 | 0,097 |
| Северо-каспийская прибрежная подобласть | Процент вариации  | 36,8    | 18,7  | 10,9  | 9,3   | 6,6   | 5,3   | 4,5   | 2,6   | 2,1   | 1,4   | 0,8   | 0,7   | 0,3   |
|   | Сумма процентов   | 36,8    | 55,5  | 66,4  | 75,7  | 82,3  | 87,6  | 92,1  | 94,7  | 96,8  | 98,2  | 99,0  | 99,7  | 100,0 |
|   | Собственные числа | 4,788   | 2,430 | 1,411 | 1,212 | 0,864 | 0,687 | 0,584 | 0,335 | 0,269 | 0,179 | 0,102 | 0,093 | 0,044 |
| Северо-каспийская приглубая подобласть  | Процент вариации  | 34,2    | 19,7  | 12,7  | 8,3   | 6,8   | 4,3   | 4,0   | 3,3   | 2,6   | 1,8   | 1,1   | 0,7   | 0,5   |
|   | Сумма процентов   | 34,2    | 53,9  | 66,6  | 74,9  | 81,7  | 86,0  | 90,0  | 93,3  | 95,9  | 97,7  | 98,8  | 99,5  | 100,0 |
|   | Собственные числа | 4,447   | 2,569 | 1,649 | 1,077 | 0,887 | 0,563 | 0,515 | 0,433 | 0,338 | 0,223 | 0,149 | 0,089 | 0,061 |
| Северная часть Среднего Каспия          | Процент вариации  | 46,5    | 14,6  | 10,8  | 8,48  | 4,1   | 3,6   | 3,3   | 2,5   | 1,9   | 1,4   | 1,1   | 0,8   | 0,3   |
|   | Сумма процентов   | 46,5    | 61,1  | 72,0  | 80,5  | 84,7  | 88,4  | 91,7  | 94,3  | 96,2  | 97,7  | 98,8  | 99,7  | 100,0 |
|   | Собственные числа | 6,049   | 1,907 | 1,410 | 1,102 | 0,540 | 0,479 | 0,439 | 0,330 | 0,251 | 0,190 | 0,148 | 0,111 | 0,043 |

Таблица 3.7. Оцененная общность переменных при выборе трех факторов

| Переменные | Оцененная общность переменных |  |                                       |                                |
|------------|-------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|
|            | Весь регион                   | Северокаспийская-прибрежная подобласть | Северокаспийская-приглубая подобласть | Северная часть Среднего Каспия |
| X1         | 0,816                         | 0,798                                  | 0,923                                 | 0,948                          |
| X2         | 0,814                         | 0,872                                  | 0,829                                 | 0,832                          |
| X3         | 0,652                         | 0,780                                  | 0,849                                 | 0,611                          |
| X4         | 0,746                         | 0,847                                  | 0,767                                 | 0,849                          |
| X5         | 0,862                         | 0,771                                  | 0,926                                 | 0,815                          |
| X6         | 0,690                         | 0,799                                  | 0,557                                 | 0,816                          |
| X7         | 0,754                         | 0,726                                  | 0,647                                 | 0,867                          |
| X8         | 0,501                         | 0,623                                  | 0,810                                 | 0,789                          |
| X9         | 0,583                         | 0,522                                  | 0,673                                 | 0,802                          |
| X10        | 0,414                         | 0,710                                  | 0,709                                 | 0,723                          |
| X11        | 0,554                         | 0,596                                  | 0,701                                 | 0,842                          |
| X12        | 0,871                         | 0,943                                  | 0,851                                 | 0,786                          |
| X13        | 0,565                         | 0,854                                  | 0,497                                 | 0,787                          |

### 3.2. Анализ факторной матрицы всего исследуемого региона

Фактор 1 имеет самое большое значение общей дисперсии в факторной матрице — он определяет 39,7% переменных (табл. 3.6). Наибольшую нагрузку (табл. 3.8) на фактор имеют переменные X3, X4, X5, X6, X10, X11. Учитывая совокупность параметров, вошедших в данный фактор, можно полагать, что он характеризует влияние кормовых ресурсов моря на распределение осетровых рыб. Мы определяем его как «Гидроэкологический фактор формирования пищевых ресурсов» [Митина, Малашенков, Телитченко, 2010; Mitina, Malashenkov, 2011]. Каспийское море расположено в относительно низких широтах, что обуславливает интенсивный приток

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

солнечной радиации. Об этом свидетельствует положительная величина годового радиационного баланса [Каспийское море..., 1989]. Для всей акватории моря радиационный баланс положителен с марта по октябрь и имеет максимальные величины в июне и июле. Интенсивный прогрев вод Северного Каспия является катализатором развития фитопланктона, для которого характерно повышение биомассы по мере роста температур [Проект «Моря»..., 1996].

В то же время, поступление в море органического вещества, важнейшим из которых для питания планктеров является азот, также определяет степень развития фитопланктона, а через него и всех последующих звеньев трофической цепи. Так как в бентосе Каспийского моря преобладают растительноядные животные — потребители планктонных и бентосных водорослей, а также детрита [Касымов, Аскеров, 2001], то вполне очевидно, что биомасса бентоса напрямую зависит от биомассы фитопланктона.

**Таблица 3.8. Факторная матрица всего региона**

| Переменные | Фактор 1    |                | Фактор 2    |                | Фактор 3    |                |
|------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|            | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения |
| X1         | 0,706       | 0,293          | 0,280       | 0,854          | 0,489       | 0,036          |
| X2         | -0,867      | -0,581         | -0,078      | -0,672         | -0,236      | -0,158         |
| X3         | -0,505      | -0,744         | 0,609       | -0,065         | -0,157      | 0,306          |
| X4         | -0,206      | -0,632         | 0,625       | 0,577          | 0,559       | -0,115         |
| X5         | 0,911       | 0,799          | -0,172      | 0,442          | 0,047       | 0,166          |
| X6         | 0,734       | 0,718          | -0,163      | 0,087          | -0,353      | 0,408          |
| X7         | 0,809       | 0,566          | 0,014       | 0,657          | 0,312       | 0,045          |
| X8         | -0,135      | 0,072          | -0,416      | 0,074          | 0,556       | -0,700         |
| X9         | 0,460       | -0,045         | 0,571       | 0,695          | 0,232       | 0,312          |
| X10        | -0,540      | -0,616         | 0,341       | -0,170         | -0,077      | 0,08           |
| X11        | 0,663       | 0,704          | -0,259      | 0,088          | -0,216      | 0,227          |
| X12        | -0,698      | -0,351         | -0,409      | -0,289         | 0,465       | -0,814         |
| X13        | 0,382       | 0,037          | 0,508       | 0,209          | 0,401       | 0,721          |

Массовое развитие большинства видов пресноводного и автохтонного комплексов донной фауны наблюдается в прибрежных опресненных районах Северного Каспия, на глубинах менее 6 м [Каспийское море..., 1989; Кушнаренко, 2003], в то время как за пределами 100-метровой изобаты, где недостаточно пищи, кислорода и тепла, бентоса мало (доли грамма на 1м<sup>3</sup>) [Проект «Моря»..., 1996]. Эти площади с разреженным донным населением не представляют ценности как нагульные угодья для бентосоядных рыб, хотя и составляют более 60% площади всей акватории Среднего и Южного Каспия. Соленость Северного Каспия это не только одна из важнейших физико-химических характеристик его вод, но она

во многом определяет и биологическую продуктивность. Установлено, что главные факторы, определяющие формирование режима солености Северного Каспия [Пахомова, Затучная, 1966; Каспийское море..., 1986; Устьевая область..., 1998] это речной сток, ветровой режим, динамика вод (течения, волнения) и водообмен со средней частью моря. Около 80% пресноводного речного стока приходится на Северный Каспий [Проект «Моря»..., 1996]. Под влиянием биогенного стока и солености формируются условия нагула молоди и взрослых рыб в море. Кроме того, от объема и характера речного стока зависят масштабы и эффективность размножения тех рыб, которые нерестятся в дельтах и руслах рек. К ним относятся наиболее ценные в промысловом отношении осетровые и полупроходные рыбы. Распределение солености на мелководьях определяет преимущественное развитие тех или иных сообществ планктона и бентоса, то есть кормовой базы рыб. Режим солености Северного Каспия [Биологическая продуктивность..., 1974] оказался благоприятным для донных организмов средиземноморского комплекса. Некоторые из них (нерейс, абра, церастодерма, краб) и в настоящее время являются главными объектами питания взрослых осетра и севрюги. Изучение процесса адаптации молоди осетровых к соленой воде показало, что они способны выживать в воде повышенной солености после постепенного, ступенчатого перехода в эту среду [Биологические основы..., 1979]. Содержание кислорода в воде определяется интенсивностью протекающих физических (газообмен между морем и атмосферой, перенос водными массами) процессов, а также выделением при фотосинтезе и потреблением его при биохимических процессах. Недостаток кислорода может вызвать изменения физиолого-биохимических процессов в организме рыб, их поведения и изменять миграционные возможности ослабленных особей. Отмечены случаи [Экологические факторы..., 1993], когда дефицит кислорода возникает очень быстро, рыба не успевает выйти из заморной зоны и гибнет. Известно также, что дефицит кислорода зимой помимо замора рыб вызывает их массовый уход в смежные участки. Образование районов с дефицитом кислорода отрицательно влияет на развитие зообентоса, основных объектов питания рыб – бентофагов [Пегов, 1992]. Таким образом, данный фактор не случайно имеет самое большое значение, так как он в значительной степени определяет как условия формирования пищевых ресурсов осетровых рыб, так и условия их естественной природной среды обитания.

Фактор 2 имеет вторую по величине значимость, им определяется 15,5% общей дисперсии (табл. 3.6). После вращения выявлены высокие значения ( $>0.7$ ) у переменных X1, X2, X7 и X9 (табл. 3.8), что позволяет нам определить его как «Зимовально - постзимовальный фактор» [Митина, Малашенков, 2009; Митина, Малашенков, Телитченко, 2010]. Фактор включает в себя показатели зимней температуры, перепада глубин (нали-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

чие зимовальных ям), распространения льда и количества зоопланктона, то есть важнейшие условия выживания осетровых рыб в зимний период.

Северная часть моря замерзает ежегодно, причем значительная акватория покрывается неподвижным льдом — припаем, который составляет здесь основную часть ледового покрова [Каспийское море..., 1986]. Даже в очень мягкие зимы северные и северо-восточные берега Северного Каспия блокированы припаем и плавучим льдом. Формирование постоянного ледового покрова может вызывать дефицит кислорода в зимовальных ямах, что приводит к кислородному голоду у осетровых и их массовому замору.

При охлаждении вод Северного Каспия осенью осетровые рыбы мигрируют на юг, а весной по мере прогрева воды и развития кормовой базы возвращаются с мест зимовки в более мелководную северную часть моря на откорм. У русского осетра, который в основной массе остается на зимовку в Северной части моря, выражена сезонность распределения по глубинам: уменьшение глубин обитания от зимы к лету, и наоборот. Он не образует стойких зимних скоплений, переходя в течение зимы с ямы на яму. Белуга, персидский осетр и шип зимой покидают Северный Каспий [Касымов, Аскеров, 2001] и встречаются главным образом в средней и южной его частях.

Значительную часть морского планктона составляет временный планктон. Большая часть животных бентоса в личиночной стадии представляет собой планктонные формы, которые, прежде чем осесть на дно, в различные периоды времени входят в состав планктона. Именно наличие зоопланктона в данном факторе позволяет нам определить его как «пост-зимовальный», так как в весенний период зоопланктон в основном состоит из представителей зообентоса, находящихся на ранней стадии онтогенеза и являющихся объектом питания ихтиофауны в предстоящий нагульный период. Сезонные изменения зоопланктона в Северном Каспии зависят в основном от двух факторов — температуры и солености [Касымов, Аскеров, 2001]. В основной своей массе планктон зимой подо льдом развивается слабо, но весной, по мере прогрева вод, начинается активный рост его биомассы. «Зимовально - постзимовальный фактор» определяет сезонные перемещения осетровых рыб по акватории моря, а также условия формирование кормовой базы на предстоящий нагульный период.

Фактор 3 — третий по значимости. Его вклад в общую дисперсию в факторной матрице составляет 12,7% (табл. 3.6). Максимальные нагрузки переменных ( $r > 0,7$ ) X8, X12 и X13 (табл. 3.8) на данный фактор, указывают на то, что он может быть истолкован как «Фактор антропогенной нагрузки». В этот фактор не случайно вместе с переменными, характеризующими распределение по акватории нефти и фенолов, вошла переменная, характеризующая влияние

стока реки Волги. Исследования 1975 — 1999 гг. [Катунин, Курочкина и др., 2000] показывают, что межгодовая динамика содержания нефтяных углеводородов в р. Волге и Северном Каспии синхронизирована. Увеличение или уменьшение концентраций нефтяных углеводородов в волжской воде в каждом конкретном году сопровождается однонаправленным изменением содержания этого вещества в Северном Каспии. То же самое можно сказать и в отношении загрязнения фенолами, которые являются одним из наиболее распространенных загрязнений, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, сланцеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилинокрасочной промышленности. Все наиболее мощные протоки Волги и ее Главный магистральный канал впадают в западный сектор Северного Каспия [Биологическая продуктивность..., 1974; Устьевая область..., 1998], откуда поступает основная масса загрязняющих веществ. В то же время восточное побережье Северного Каспия находится в более выгодном положении — оно, в отличие от западной, почти не имеет развитой речной сети и в меньшей степени населено [Айбулатов, 2001]. Важную роль в переносе и трансформации загрязняющих веществ играет вдольбереговое течение, имеющее преобладающее направление с севера на юг, благодаря чему часть их следует транзитом с речным потоком в море [Макарова, Курапов, 2002]. Такие компоненты биоценозов как нектон, планктон и бентос [Иванов, Сокольский, 2000] обладают высокой аккумулярующей способностью по отношению к микропримесям среды, отличаются чувствительностью к действию загрязняющих веществ в море (например, НУ, СПАВ, фенолов, тяжелых металлов), которые могут концентрироваться по мере перехода с одного уровня трофической цепи на другой, обычно влияя на находящиеся в конце цепи животных в гораздо большей степени, чем на стоящие в начале цепи организмы — продуценты с коротким жизненным циклом [Нельсон-Смит, 1977]. Осетровые — долго живущие рыбы, поэтому последствия нефтяной интоксикации при длительном систематическом действии малых доз могут сказаться через несколько поколений [Иванов, Сокольский, 2000].

Исследования 1993-1999 гг. [Гераскин, Металлов и др., 2005] физиологического состояния русского осетра, севрюги и белуги, выловленных в море показали, что нефтяное загрязнение в повышенных концентрациях в естественной среде воспринимается осетровыми как стресс-фактор, а сочетание его с другими загрязняющими веществами приводит к усилению воздействия на рыб. Последствия хронического отравления малыми дозами загрязняющих веществ,

не вызывающих эффекта бегства, более опасны. В зараженных ими районах [Экологические факторы..., 1993] отмечены резкое увеличение уродств, патологические изменения печени, снижения числа питающихся особей вследствие нарушения у них координации пищедобывательных актов, отказ от размножения, частичная утрата ориентационной способности при миграциях. В связи с загрязнением водоемов, все большее распространение получают вынужденные миграции из районов с неблагоприятными условиями, носящие характер бегства и прямо или косвенно влияющие на устойчивость ареала популяции (локального стада), структуру популяции и ход воспроизводительного процесса. В то же время, даже в центрах залповых сбросов загрязненных вод, часть особей оказывается способной распознать опасность и попытаться уйти из зоны загрязнения, что вполне выполнимо, так как нефтяное загрязнение [Хорошко, Эмирова, 2002] в целом носит мозаичный характер. Возможно, именно способность распознать зону загрязнения и своевременно покинуть этот район и определяет относительно небольшое влияние «Фактора антропогенной нагрузки» на распределение осетровых рыб.

### **3.3. Анализ факторной матрицы Северокаспийской прибрежной подобласти**

Фактор 1. После вращения высокие окончательные нагрузки на данный фактор (табл. 3.9) имеют переменные X2, X3, X5, X6, X7, X11. Учитывая смысл переменных, вошедших в данный фактор, можно считать, что он, с небольшими изменениями, аналогичен «Фактору формирования пищевых ресурсов», определенному для всего региона. Однако его следует охарактеризовать как «Гидроэкологический фактор формирования пищевых ресурсов в зимнее время» [Mitina, Malashenkov, 2011], поскольку в данный фактор Северокаспийской прибрежной подобласти добавились переменные, характеризующие условия существования популяции осетровых в зимний период (переменные X2 и X7), которые особенно сложны на мелководье из-за ледовой обстановки, и не вошли переменные, характеризующие распределение кислорода и общей биомассы фитопланктона [Митина, Малашенков, Телитченко, 2008; 2010]. В прибрежной зоне дефицит кислорода, как правило, отсутствует, а фитопланктон не является пищей взрослых осетровых рыб — основу их рациона составляет зообентос. Этот фактор также является первым при определении общих факторов для всего региона, но в данном случае его вклад в общую дисперсию переменных уменьшается до 36,8%.

Фактор 2 имеет вторую по величине нагрузку в факторной матрице, им определяется 18,7% общей дисперсии (табл. 3.6). Наибольшую нагрузку на фактор ( $r > 0,7$ ) имеют переменные X12 и X13 (табл. 3.9), что позволяет нам определить его как «Фактор антропогенной нагрузки», практически идентичный фактору 3 для всего региона. В фактор вошли переменные, характеризующие загрязнение рассматриваемого участка фенолами и нефтью, но не вошла переменная X8, которая характеризует степень влияния стока Волги, так как в случае рассмотрения только прибрежных областей загрязнение туда поступает из населенных пунктов, со смывами с полей и т.д. В то же время, его вклад в общую дисперсию переменных больше, чем у «Фактора антропогенной нагрузки» для всего региона и увеличивается до 18,7%. Поскольку на морские мелководья приходится основное загрязнение, до 90 % которого депонируется в прибрежной зоне, значимость данного фактора по сравнению со всей акваторией возросла и переместилась на второе место.

**Таблица 3.9.** Факторная матрица Северокаспийской прибрежной подобласти

| Переменные | Фактор 1    |                | Фактор 2    |                | Фактор 3    |                |
|------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|            | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения |
| X1         | 0,605       | 0,489          | 0,002       | 0,293          | 0,657       | -0,055         |
| X2         | -0,877      | -0,785         | -0,133      | -0,309         | -0,291      | 0,202          |
| X3         | -0,574      | -0,768         | -0,560      | 0,297          | 0,242       | 0,263          |
| X4         | -0,440      | -0,377         | 0,152       | -0,310         | 0,793       | 0,061          |
| X5         | 0,841       | 0,808          | 0,191       | 0,221          | -0,163      | -0,241         |
| X6         | 0,833       | 0,749          | -0,214      | 0,444          | -0,189      | 0,105          |
| X7         | 0,674       | 0,834          | 0,181       | -0,089         | 0,018       | 0,147          |
| X8         | -0,013      | 0,044          | 0,723       | -0,358         | 0,009       | -0,696         |
| X9         | -0,066      | 0,044          | -0,372      | -0,039         | 0,326       | 0,671          |
| X10        | -0,416      | -0,309         | -0,544      | -0,045         | -0,152      | 0,745          |
| X11        | 0,764       | 0,653          | -0,011      | 0,367          | 0,103       | -0,119         |
| X12        | -0,513      | -0,170         | 0,798       | -0,909         | -0,046      | -0,293         |
| X13        | 0,497       | 0,093          | -0,604      | 0,917          | -0,052      | -0,054         |

Фактор 3 имеет вклад в общую дисперсию в факторной матрице 10,9% (табл. 3.6). Высокий вклад переменных X8, X9, X10 (табл. 3.9) в данный фактор позволяют охарактеризовать его как фактор, определяющий условия нагула молоди осетровых рыб после их ската в море, то есть фактор «Кормовых условий нагула молоди». Анализируя вошедшие в него переменные - расстояние от Волго-Каспийского магистрального канала, распределение общей биомассы зоопланктона и фитопланктона можно сделать вывод, что фактор указывает на важность высокопро-

дуктивных морских мелководий Северного Каспия, и в первую очередь устьевой области р. Волги для нагула молоди осетровых во время их ската в море. Входящие в фактор переменные наглядно показывают, что гидрологические условия впадающих в море рек и поступающие вместе со стоком биогенные вещества определяют условия формирования биомассы фитопланктона морских мелководий, являющихся на ранних стадиях развития осетровых основными объектами питания зоопланктона, которым питается молодь осетровых.

### 3.4. Анализ факторной матрицы Северокаспийской приглубой подобласти

Фактор 1 имеет самое большое значение общей дисперсии в факторной матрице, им определяется 34,2% дисперсии переменных (*табл. 3.6*). После вращения высокую окончательную нагрузку (*табл. 3.10*) на фактор имеют переменные X4, X6, X10, X11. Вошедшие в этот фактор переменные практически совпадают с таковыми для фактора 1 для всего региона, за исключением переменных X3 и X5, характеризующих гидрохимический режим моря, так как в силу циркуляционных особенностей течений в центральной части Северного Каспия гидрохимические параметры, определяемые стоком р. Волги достаточно стабильны. Несмотря на то, что вклад этого фактора в общую дисперсию для Северокаспийской приглубой подобласти немного ниже, чем у первого фактора для всего региона (39,7%), но по смыслу входящих в него переменных его также можно определить как «Гидроэкологический фактор формирования пищевых ресурсов» для Северокаспийской приглубой подобласти [Митина, Малашенков, 2009; Митина, Малашенков, Телитченко, 2010]. Благодаря этому фактору есть возможность оценить роль гидрохимических, природно-климатических, биотических и кормовых ресурсов в распределении осетровых рыб по акватории северной части моря [Mitina, Malashenkow, 2011].

Фактор 2 имеет вторую по величине значимость, его вклад составляет 19,7% общей дисперсии (*табл. 3.6*). После вращения выявлены высокие значения у переменных X3, X8, X9, X12, X13 (*табл. 3.10*), что позволяет определить его как «Фактор антропогенной нагрузки на зоопланктон». Практически совпадает с фактором 3 для всего региона. Показывает определяющее влияние стока р. Волги на поступление и распространение загрязняющих веществ по акватории северной части Каспийского моря, от которых в свою очередь зависит биомасса зоопланктона – основной пищевой ресурс молоди нагуливающегося стада осетровых рыб.

Таблица 3.10. Факторная матрица Северокаспийской-приглубой подобласти

| Переменные | Фактор 1    |                | Фактор 2    |                | Фактор 3    |                |
|------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|            | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения |
| X1         | 0,248       | -0,008         | -0,283      | 0,102          | -0,244      | 0,141          |
| X2         | -0,767      | 0,189          | -0,024      | -0,206         | 0,488       | -0,840         |
| X3         | -0,121      | 0,108          | -0,0773     | 0,665          | 0,469       | -0,592         |
| X4         | -0,550      | 0,704          | -0,610      | 0,171          | -0,200      | -0,360         |
| X5         | 0,896       | -0,517         | 0,242       | 0,133          | -0,248      | 0,789          |
| X6         | 0,622       | -0,706         | 0,266       | 0,113          | 0,313       | 0,213          |
| X7         | 0,570       | 0,039          | -0,073      | 0,246          | -0,528      | 0,765          |
| X8         | -0,690      | 0,332          | 0,476       | -0,809         | -0,244      | -0,203         |
| X9         | 0,278       | 0,229          | -0,708      | 0,774          | -0,058      | 0,129          |
| X10        | -0,387      | 0,795          | -0,210      | -0,122         | -0,708      | 0,248          |
| X11        | 0,632       | -0,777         | 0,389       | -0,050         | 0,268       | 0,237          |
| X12        | -0,839      | 0,428          | 0,349       | -0,716         | -0,127      | -0,387         |
| X13        | 0,395       | -0,009         | -0,579      | 0,650          | 0,020       | 0,110          |

Третий по значимости фактор имеет вклад в общую дисперсию в факторной матрице 12,7% (табл. 3.6). Наибольшую нагрузку на него несут переменные X2, X5 и X7 (табл. 3.10), что позволяет истолковать его как «Зимовальный фактор». Он имеет ряд существенных отличий от «Зимовально - постзимовального» для всего региона. «Зимовально - постзимовальный фактор» является вторым по значимости для всего региона (его вклад - 15,5%) и определяет как сезонные перемещения осетровых рыб по акватории моря, так и условия формирования кормовой базы на предстоящий нагульный период. «Зимовальный фактор» для Северокаспийской приглубой подобласти позволяет оценить значение мористости местообитания, перепадов глубин (наличие зимовальных ям) и распространения льда на распределение осетровых в зимний период, но им не определяются условия формирования кормовой базы осетровых рыб. Вероятно, это связано с тем, что в зимний период основная масса осетровых рыб мигрирует в более глубоководные районы Среднего Каспия.

### 3.5. Анализ факторной матрицы Северной части Среднекаспийской области

Фактор 1 является самым важным для Среднекаспийской области, так как его вклад в общую дисперсию составляет 46,5% (табл. 3.6). Значимую нагрузку на фактор имеют переменные X1, X2, X8, X9, X10, X12 (табл. 3.11), следовательно его можно характеризовать как фактор «Антропогенного воздействия в зимовально-постзимо-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

вальный период» [Mitina, Malashenkow, 2011]. В отличие от аналогичного «Зимовально-постзимовального» фактора для всего региона в него не только вошли практически все переменные (кроме X7), но и добавился ряд новых переменных - X8, X10 и X12, указывающих на важность антропогенного воздействия в зимний период на данную акваторию, подверженную эвтрофированию в зимний период. Важность защищенности от антропогенного воздействия в зимовально - постзимовальный период для Среднего Каспия несомненна, так как зимой осетровые мигрируют именно в этот регион, который испытывает эвтрофирование, усиливаясь и ускоряясь в результате антропогенного загрязнения.

Фактор 2 - второй по значимости, им определяется 14,6% общей дисперсии (табл. 3.6). После вращения высокие значения отмечены у переменных X3, X5, X6, X7 (табл. 3.11), что позволяет нам определить его как «Гидроэкологический». Данный фактор частично соответствует Фактору 1 для всей исследуемой акватории, и указывает на опасность развития процесса образования метана на больших глубинах, которая ставит под угрозу существование популяции осетровых, зимующих в этом регионе.

Вклад Фактора 3 в общую дисперсию в факторной матрице составляет 10,8% (табл. 3.6). Максимальное значение переменных X4 и X13 (табл. 3.11) позволяет определить его как фактор антропогенной нагрузки, особенно ярко проявляющийся в данном регионе в виде «Углеводородного загрязнения».

**Таблица 3.11. Факторная матрица Северной части Среднекаспийской области**

| Переменные | Фактор 1    |                | Фактор 2    |                | Фактор 3    |                |
|------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|            | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения | до вращения | после вращения |
| X1         | 0,863       | 0,918          | 0,440       | 0,322          | 0,085       | 0,045          |
| X2         | -0,861      | -0,821         | -0,241      | -0,337         | -0,139      | 0,123          |
| X3         | -0,742      | -0,437         | 0,227       | -0,475         | 0,014       | 0,422          |
| X4         | -0,459      | 0,089          | 0,750       | -0,488         | 0,239       | 0,774          |
| X5         | 0,620       | 0,093          | -0,456      | 0,868          | 0,013       | -0,198         |
| X6         | 0,773       | 0,329          | -0,392      | 0,711          | 0,253       | -0,322         |
| X7         | 0,806       | 0,421          | -0,171      | 0,828          | 0,146       | -0,057         |
| X8         | 0,783       | 0,785          | 0,306       | 0,238          | -0,288      | -0,213         |
| X9         | 0,732       | 0,653          | 0,162       | 0,428          | 0,486       | 0,090          |
| X10        | -0,659      | -0,790         | -0,484      | -0,133         | 0,216       | 0,002          |
| X11        | -0,034      | -0,103         | -0,239      | -0,001         | 0,749       | 0,018          |
| X12        | 0,623       | 0,732          | 0,242       | -0,148         | -0,204      | -0,462         |
| X13        | -0,441      | -0,155         | 0,423       | -0,096         | 0,519       | 0,862          |

В отличие от фактора 3 для всего региона, в данный фактор для средней части моря не вошли переменные, характеризующие степень влияния стока Волги и распределение фенольного загрязнения по акватории, но вошла переменная Х4, характеризующая распределение кислорода на поверхности моря. Можно предположить, что для средней части моря речной сток уже не играет такой важной роли в распределении загрязняющих веществ по акватории, а нефтяное загрязнение усиливается благодаря активной разработке морских месторождений Бакинской нефти. Присутствие в факторе переменной Х4 не случайно – присутствие нефтяной пленки на поверхности воды способствует возникновению зон гипоксии за счет снижения интенсивности процессов аэрации, что препятствует дыханию рыб, вынуждает взрослых особей уйти из района загрязнения и может привести к заморам [Катунин, Хрипунов и др., 2005; Сапожников, Белов, 2005]. Этот фактор позволяет оценить роль, которую играет география зон гипоксии в распределении осетровых по акватории моря. Дополнительное поступление органического вещества при загрязнении вод нефтепродуктами также ухудшает газовый режим моря.

Итак, анализ полученных данных позволил выделить три главных фактора, суммарная дисперсионная нагрузка входящих в них изучаемых параметров составила 67,9%. Таким образом, имеются три существенные характеристики, которые в совокупности в значительной степени определяют существование осетровых рыб в северной части Каспийского моря (табл. 3.12). Выявленные факторы тесно взаимосвязаны между собой, однако не равнозначны по величине: самый крупный – «Фактор формирования пищевых ресурсов», на который приходится основная нагрузка в факторной матрице. «Зимовально - постзимовальный» фактор является промежуточным по значению и связующим звеном между первым фактором и третьим - фактором «Антропогенной нагрузки» [Mitina, Malashenkow, 2011]. Важным условием существования, осетровых рыб выступают условия зимовки особей, остающихся на зимовальных ямах Северного Каспия, которые определяются распространением ледового покрова, площадь которого колеблется год от года и зависит от ряда факторов, в частности от температуры воды и глубины. В свою очередь, эти же факторы определяют и условия формирования весной биомассы зоопланктона – начальной стадии развития большинства видов зообентоса. Фактор «Антропогенной нагрузки» несет наименьшую нагрузку в факторной матрице, по сравнению с предыдущими. Сочетание вошедших в фактор переменных показывает, что поступление и распределение загрязняющих веществ по акватории северной части моря зависит в основном от речного стока Волги.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Распределение осетровых рыб в большей степени зависит от формирования кормовой базы, то есть распределения биомассы донной фауны по акватории северной части моря. Это иллюстрирует первый фактор – наличие в достатке биогенных элементов и количества поступающей солнечной энергии, которые являются условием интенсивного развития фитопланктона - основной пищи зоопланктона. Зоопланктон, в свою очередь служит основной пищей зообентоса, который является одной из составляющих рациона многих видов рыб - бентофагов. Осетровые же Каспийского моря на разных стадиях онтогенеза питаются как зоопланктоном и зообентосом, так и рыбой.

Для Северокаспийской прибрежной подобласти (табл. 3.12), в связи с суровым ледовым режимом в ее северо-восточной и восточной частях, ведущим является фактор формирования пищевых ресурсов в зимнее время. Следующим по значимости является фактор антропогенной нагрузки, в который в данном случае не входит переменная, характеризующая удаленность от устья Волги, воды которой являются главным поставщиком загрязняющих веществ. Многие акватории данной подобласти находятся вне зоны влияния Волги и подвергаются антропогенному загрязнению, поступающему со стоками местных рек, от расположенных на берегах населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, с плоскостным смывом с полей и т.д. Третьим по значимости фактором стабильности и здоровья данной экосистемы является фактор кормовых условий нагула молоди осетровых рыб, для которых Северокаспийская прибрежная подобласть является естественным местообитанием.

**Таблица 3.12.** Сводная таблица ландшафтообразующих факторов ДПК исследуемого региона Каспийского моря

| Факторы, характеризующие весь регион                                     |                                 |                                  |
|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Фактор 1   | Фактор 2                        | Фактор 3                         |
| X3, X4, X5, X6, X10, X11   | X1, X2, X7, X9                  | X8, X12, X13                     |
| «Гидроэкологический фактор формирования пищевых ресурсов»                | «Зимовально - пост-зимовальный» | «Антропогенной нагрузки»         |
| Факторы, характеризующие Северокаспийскую прибрежную подобласть          |                                 |                                  |
| Фактор 1   | Фактор 2                        | Фактор 3                         |
| X2, X3, X5, X6, X7, X11  | X12, X13                        | X8, X9, X10                      |
| «Гидроэкологический фактор формирования пищевых ресурсов в зимнее время» | «Антропогенной нагрузки»        | «Кормовых условий нагула молоди» |
| Факторы, характеризующие Северокаспийскую приглубую подобласть           |                                 |                                  |

| Фактор 1   | Фактор 2                                | Фактор 3                      |
|--|---|-------------------------------|
| X4, X6, X10, X11   | X3, X8, X9, X12, X13                    | X2, X5, X7                    |
| «Гидроэкологический фактор формирования пищевых ресурсов»»         | «Антропогенной нагрузки на зоопланктон» | «Зимовальный»                 |
| Факторы, характеризующие северную часть Среднекаспийской области   |   |                               |
| Фактор 1   | Фактор 2                                | Фактор 3                      |
| X1, X2, X8, X9, X10, X12   | X5, X6, X7                              | X4, X13                       |
| «Антропогенного воздействия в зимовально - постзимовальный период» | «Гидроэкологический»                    | «Углеродородного загрязнения» |

Анализ факторной матрицы, полученной для Северокаспийской приглубой подобласти, показал преимущественное влияние Гидроэкологического фактора формирования пищевых ресурсов, однако в силу циркуляционных особенностей течений в центральной части Северного Каспия гидрохимические параметры, определяемые стоком р. Волги достаточно стабильны и в данном факторе не представлены. Вторым является «Фактор антропогенной нагрузки на зоопланктон». Практически совпадая с фактором 3 для всего региона, он показывает определяющее влияние стока Волги на поступление и распространение загрязняющих веществ по акватории северной части Каспийского моря, от которых, в свою очередь, зависит биомасса зоопланктона — основной пищевой ресурс молоди нагуливающегося стада осетровых рыб. Третий по значимости «Зимовальный фактор» имеет ряд существенных отличий от «Зимовально - постзимовального» для всего региона. Он позволяет оценить значение мористости местообитания (наличие зимовальных ям) и распространения льда на распределение осетровых в зимний период, но им не определяются условия формирования кормовой базы осетровых рыб. Вероятно, это связано с тем, что в зимний период основная масса осетровых рыб мигрирует в более глубоководные районы Среднего Каспия.

В северной части Среднекаспийской области (табл. 3.12) фактор 1 можно характеризовать как «Антропогенного воздействия в зимовально - постзимовальный период». Важность защищенности от антропогенного воздействия в данное время года для Среднего Каспия несомненна, так как зимой осетровые мигрируют именно в этот регион, и именно Средний Каспий испытывает эвтрофирование на глубине, которое усиливается и ускоряется в результате антропогенного загрязнения. Второй по значимости фактор определяется как «Гидроэкологический» и указывает на опасность развития процесса образования метана на дне водоема, что ставит под угрозу существование популяции осетровых, зимующих в данном ДПК. Третьим

является фактор антропогенной нагрузки, проявляющейся в данном регионе в виде «Углеводородного загрязнения». В него, в данном случае, не вошли переменные, характеризующие степень влияния стока р. Волги и распределение фенольного загрязнения по акватории, но весомый вклад внесла переменная Х4, характеризующая распределение кислорода на поверхности. Нефтяное загрязнение в данной области усиливается благодаря активной разработке на шельфе нефтяных месторождений.

Перемещение значимости фактора антропогенной нагрузки на второе место для Северокаспийской-прибрежной подобласти и Северокаспийской-приглубой подобласти с третьего для всего региона указывает на буферную способность экосистемы большего размера и имеющей более разнообразный набор природных комплексов «компенсировать» выпадающие в случае увеличивающейся антропогенной нагрузки акватории, предоставляя подвижным представителям экосистемы возможность существовать в других, возможно изначально менее подходящих для них, ПДК. Вероятно, эта тенденция с точки зрения ландшафтоведения, подтверждает биологический феномен, обнаруженный в начале 1970-х годов проф. Л.С. Бердичевским, утверждающим, что в результате сильного антропогенного воздействия «нерест рыб часто происходит в местах, не типичных для данного вида... Совмещаются сроки и места икротетания разных видов рыб, в том числе промысловых и непромысловых видов».

Для Среднего Каспия перемещение фактора антропогенной нагрузки на первое место, вероятно, означает, что буферные возможности экосистемы исчерпаны в связи с активным освоением морских месторождений нефти и газа.

Проведение ландшафтного районирования региона позволило проанализировать гидроэкологическую ситуацию, сложившуюся в различных ДПК и выявить факторы, характеризующие стабильное существование ряда подобластей северной части Каспийского моря и его экосистемы в целом (табл. 3.12).

Поскольку природный «Гидроэкологический» фактор формирования пищевых ресурсов является главным критерием, определяющим стабильность состояния экосистемы северной области Каспийского моря, это означает, что процессы динамики, или изменения естественных природных условий региона (в том числе, климатические флуктуации) приводят к наиболее значительным изменениям его экосистемы. Следовательно, при прогнозировании возможных изменений структуры и устойчивости основных компонентов водных экосистем Каспийского моря необходимо использовать комплексный подход, сочетающий физико-географические условия с усиливающимся антропогенным воздействием и возможными климатическими изменениями [Митина, Малашенков, Телитченко, 2010].

## ГЛАВА IV

**ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ ИЗМЕНЕНИЯ  
ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОДВОДНЫХ  
ЛАНДШАФТОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ****4.1. Природные и антропогенные факторы воздействия на уровень  
Каспийского моря**

В последние 150 лет северный регион Каспийского моря подвергается разнообразным антропогенным воздействиям, глобальным и региональным климатическим изменениям, которые не могли не оказывать влияния на состояние его экосистемы. За время регулярных инструментальных наблюдений, которые ведутся с 1837г. самый высокий уровень воды зарегистрирован в 1882 г. (-25,2 м), самый низкий — в 1977 г. (-29,0 м); с 1978 г. уровень воды повышался и в 1995 г. достиг отметки -26,7 м; с 1996 г. опять наметилась тенденция к понижению, которая продолжалась до 1998 г., когда уровень Каспия понизился до -27,17 м [Фролов, 2003]. С 1999 до 2005 гг. наблюдается тенденция колебательных движений уровня с итоговым незначительным повышением до отметки - 26,8 м (рис. 4.1).

Для выявления причин изменения состояния экосистем Каспийского моря, их динамики под воздействием определенных факторов и стабилизирующей роли их отдельных компонентов проанализирована с использованием статистических методов — расчетов коэффициентов парной корреляции ( $r$ ) - составленная матрица литературных и фондовых данных, в нее включены среднегодовые значения климатических, гидрологических, гидрохимических и биологических показателей состояния природной среды региона и различных антропогенных воздействий (всего 119 показателей с 1878 по 2007 гг.). В результате получены данные количественной оценки динамики уровня Каспийского моря в зависимости от ряда гидрометеорологических показателей компонентов природной среды и зависимости изменения ряда показателей фито- и зоопланктона, некоторых видов макрозообентоса, являющихся кормовыми объектами ценных промысловых рыб и осетровых рыб от уровня моря [Митина, Малашенков, 2013].

Наиболее распространена точка зрения, согласно которой колебания уровня каспийского моря тесно связаны с варьированием стока Волги (по данным многих исследователей ее годовой «вклад» составляет четверть объема всего моря) и других впадающих сюда рек, что

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

в свою очередь обусловлено вмешательством человека и климатическими изменениями на водосборах. Волга дает максимальный приток вод в море. Суммарный сток других наиболее крупных рек - Урала, Терека, Сулака, Эмбы, Самура составляет в среднем около 14 % от общего (табл. 4.1).

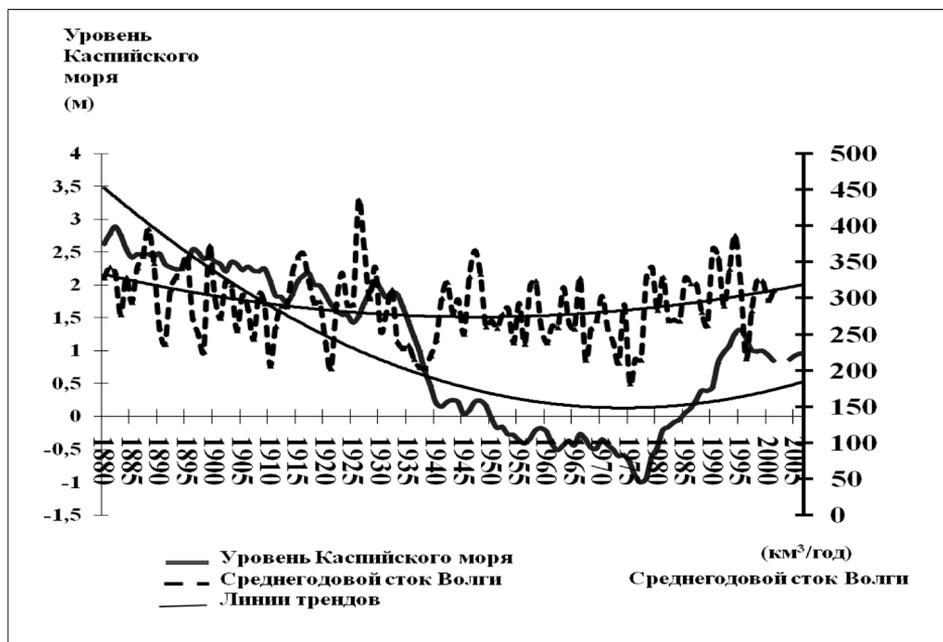


Рис. 4.1. Изменение уровня Каспийского моря и среднегодового стока р. Волги с 1887 по 2007 гг.

В отношении антропогенного воздействия на поступление речного стока в Каспийское море наблюдалось три периода. Первый период продолжался до 1933г., когда сток не регулировали. С 1933 г. начался этап строительства ГЭС на крупных реках (Магнитогорская ГЭС), который продолжался до 1985 г., когда было заполнено Чебоксарское водохранилище (табл. 4.2). За этот период был построен каскад крупных водохранилищ на волжской речной системе и созданы более мелкие водохранилища на Урале, Тереке, Куре, Сулаке, Эмбе, иранских реках [Авакян, 1998; Авакян, Шарапов, 1977], при этом суммарный объем водохранилищ составил более 218 км<sup>3</sup>. Третий период начался в 1985 г. и продолжается до настоящего времени – это период зарегулированного стока рек, питающих Каспийское море. За исследуемый период наблюдается общая тенденция падения уровня Каспийского моря: между показателями «уровень Каспия (Бакинский футшток) – годы» коэффициент парной корреляции  $r = -0.82$  (табл. 4.3).

Таблица 4.1. Характеристика крупных рек Каспийского моря [Фролов, 2003]

| Река      | Площадь дельты, км <sup>2</sup> | Сток воды, км <sup>3</sup>       |   | Сток наносов, млн.т. |
|-----------|---------------------------------|----------------------------------|---|----------------------|
|           |                                 | по данным [Воропаев и др., 1998] | 1881-1969 гг. по данным [Крицкий и др., 1975] |                      |
| Волга     | 18000                           | 243                              | 250,5   | 14                   |
| Урал      | 500                             | 7                                | 9,2   | 2,7                  |
| Терек     | 8900                            | 8,9                              | 7,8   | 15,1                 |
| Сулак     | 70                              | 4,4                              | 5,5   | 13,2                 |
| Самур     | 80                              | 1,63                             | 2,3   | 4,7                  |
| Кура      | 204                             | 7,8                              | 17,9  | 39,7                 |
| Сефидруд  | 1800                            | 4,67                             | Нд*   | 31                   |
| Хараз     | 315                             | 0,96                             | Нд  | 2,4                  |
| Горганруд | 630                             | 0,49                             | Нд  | 3,1                  |

Таблица 4.2. Водохранилища с полным объемом воды более 0,1 км<sup>3</sup> на реках бассейна Каспийского моря [Устьевая область..., 1998; Фролов, 2003]

| Водохранилище             | Год заполнения | Полный объем, км <sup>3</sup> | Водохранилище             | Год заполнения | Полный объем, км <sup>3</sup> |
|---------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------|----------------|-------------------------------|
| Водохранилища на р. Волга |                |                               | Водохранилища на р. Урал  |                |                               |
| Иваньковское              | 1937           | 1,12                          | Ириклинское               | 1958-1966      | 3,26                          |
| Угличское                 | 1939-1943      | 1,24                          | Верхнеуральское           | 1964           | 0,6                           |
| Рыбинское                 | 1940-1949      | 25,42                         | Водохранилища на р. Кура  |                |                               |
| Горьковское               | 1955-1957      | 8,82                          | Мингечаурское             | 1953-1959      | 16,07                         |
| Чебоксарское              | 1982-1985      | 13,80                         | Варваринское              | 1955-1957      | 0,06                          |
| Куйбышевское              | 1955-1957      | 58,00                         | Водохранилища на р. Сулак |                |                               |
| Саратовское               | 1967-1968      | 12,37                         | Чирюртское                | 1959-1961      | 0,1                           |
| Волгоградское             | 1958-1960      | 31,45                         | Чиркейское                | 1974-1976      | 2,78                          |
| Водохранилища на р. Кама  |                |                               | Водохранилища на р. Эмба  |                |                               |
| Камское                   | 1954-1955      | 12,20                         | Арал-Тюбинское            | 1970-1971      | 0,22                          |
| Воткинское                | 1961-1964      | 9,36                          | Прочие бассейны           |                |                               |
| Нижнекамское              | 1978           | 2,80                          | Водохранилища Ирана       | 1980-1986      | 8,5                           |
| Магнитогорское            | 1933-1938      | 0,19                          | Все водохранилища         | 1937-1986      | 208,36                        |

Площадь Каспийского моря непосредственно связанная с его уровнем ( $r=0.99$ ) за столетие значимо уменьшилась ( $r$  площадь моря - годы =  $-0.87$ ). Соответственно уменьшается отток вод в залив Кара-Богаз-Гол: коэффициент парной корреляции ( $r$ ) между показателями «отток (в км<sup>3</sup>/год) – годы» составил  $-0.61^2$ . Объем оттока зависит от уровня и площади

2 Все приведенные корреляции значимые, согласно К. Дёрффель, 1994, при  $f=98$   $P=0.99$   
 $r_{(теоретический)} = 0.26$

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

моря: коэффициенты парной корреляции ( $r$ ) между показателями «уровень моря - отток в Кара-Богаз-Гол» и «площадью моря – отток в Кара-Богаз-Гол» соответственно равны 0.83 и 0.82.

**Таблица 4.3.** Матрица парных корреляционных связей параметров (фрагмент)

| Параметры                      | Годы  | Среднегодовой сток р. Волги | Среднегодовые расходы р. Волги | Сток р. Терек | Уровень Каспийского моря | Площадь Каспийского моря | Отток в залив Кара-Богаз-Гол |
|--------------------------------|-------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Годы                           | 1     |                             |                                |               |                          |                          |                              |
| Среднегодовой сток р. Волги    | -0.31 | 1                           |                                |               |                          |                          |                              |
| Среднегодовые расходы р. Волги | -0.36 | 1.0                         | 1                              |               |                          |                          |                              |
| Сток р. Терек                  | -0.49 | 0.09                        | 0.09                           | 1             |                          |                          |                              |
| Уровень Каспийского моря       | -0.82 | 0.32                        | 0.31                           | 0.62          | 1                        |                          |                              |
| Площадь Каспийского моря       | -0.87 | 0.35                        | 0.35                           | 0.62          | 0.99                     | 1                        |                              |
| Отток в залив Кара-Богаз-Гол   | -0.61 | 0.42                        | 0.41                           | -0.10         | 0.83                     | 0.82                     | 1                            |

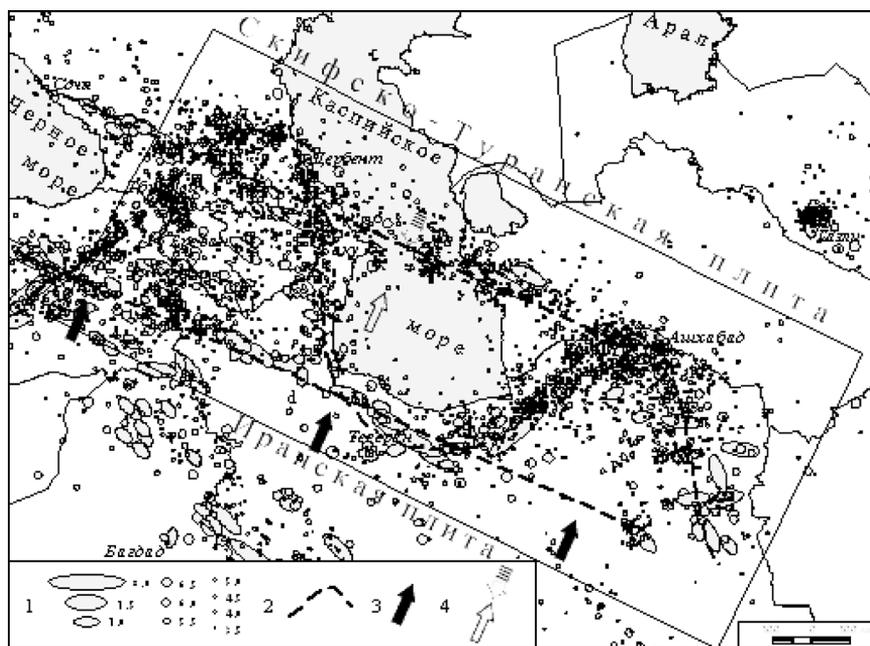
*Примечание: курсивом отмечены достоверные связи при доверительном интервале  $P=0.99$ . Для данных расчетов число степеней свободы  $f=100$  при доверительной вероятности  $P=0.99$   $r_{n(\text{теоретический})} = \pm 0.26$ .*

Коэффициент корреляции между общим объемом стока (включая подземный) и стоком Волги равен 0.96. Проанализировав данные годовых значений объемов стока и расходов р. Волги, уровня Каспийского моря, общего объема зарегулированного стока, мы обнаружили, что с 1879 по 2007 гг. сильной динамики по показателям стока Волги и объемов речного стока не произошло: коэффициенты парной корреляции между показателями «сток Волги – годы» и «расходы Волги – годы» составили соответственно -0.31 и -0.36, однако это значимые корреляционные связи, согласно К. Дёрффель [1994]<sup>3</sup>, показывающие, что сток Волги за прошедшие 126 лет уменьшился. Значимые корреляции наблюдаются также между уровнем Каспийского

3 (для всех расчетов число степеней свободы  $f=100$  при доверительной вероятности  $P=0.99$ )

моря и объемом стока Волги ( $r=0.3$ ), так же как уровнем моря и расходом Волги ( $r=0.31$ ) и уровнем моря – общим объемом стока, включая подземный ( $r=0.3$ )<sup>4</sup>. В добавление к вышеизложенному, на рис. 3.1 видно, что современное резкое падение как стока Волги, так и уровня моря отмечено с момента начала строительства каскада ГЭС и закончилось, когда были заполнены основные водохранилища Волжско-Камского каскада. За 1881 – 2000 гг. вслед за общим понижением уровня моря значительно уменьшился сток Терека ( $r = -0.52$  при  $f = 94$  и  $P = 0.99$ ).

Проблема аномальных изменений уровня Каспийского моря широко обсуждается с самых разнообразных точек зрения [Баранова и др., 1990; Иванова, Трифонов, 2002; Лилиенберг, 1994; Уломов, 2003; Уломов и др., 1999]. Например, В.И. Уломов [2003; 1999] на основе анализа особенностей строения и динамики литосферы, изучения структуры высокой региональной сейсмичности (рис. 4.2) и современных тектонических движений предлагает сейсмогеодинамическую модель Каспийского региона, согласно которой сейсмической активизации предшествует изгиб дна Южно-Каспийской впадины и появление «избытка» воды в море.



**Рис.4.2. Сейсмичность Каспия и сопредельной территории** [Уломов, 2003] 1 - очаги землетрясений разных магнитуд; 2 - оси сейсмоактивных структур; 3, 4 - направление перемещения Иранской плиты и литосферы Южного и Северного Каспия

4 (для всех расчетов число степеней свободы  $f=100$  при доверительной вероятности  $P=0.99$   
 $\Gamma_{\text{теоретический}} = 0.26$ )

И наоборот, после крупных землетрясений и погружения соответствующих участков земной коры в зоне Центрального Каспия следует общий спад его водной поверхности. Действительно, Каспийское море представляет собой молодое в геологическом отношении образование – геосинклиналь Кавказских гор, которая относится к Альпийской складчатости, где в настоящее время продолжается процесс формирования – активная вулканическая и тектоническая деятельность. Кроме того, Каспийское море окружают множественные карстовые пустоты, куда могут свободно попадать огромные объемы каспийских вод.

Таким образом, речной сток значительно влияет на изменение уровня Каспийского моря, но и тектоническая активность региона также вносит свой вклад в описываемый процесс.

### **Тенденции изменения климата в северном регионе Каспийского моря**

Величина и характер стока рек, впадающих в Каспийское море, тип их питания и другие гидрологические показатели весьма различны, так как зависят от климата на водосборе и от антропогенного воздействия. Анализируя данные стока в Каспийское море наиболее крупных рек (Терека, Самура, Урала, Сулака, Эмбы и Куры) за 1881-1969 гг. получено, что уровень и площадь Каспия имеет значимые положительные корреляции только со стоком Терека ( $r=0.62$ ) (*табл. 4.3*), что, вероятно, связано с повышением влажности на расположенном большей частью в предгорьях и северных склонах Кавказа водосборе Терека при увеличении площади моря.

По данным 1931-1990 гг. увеличился сток Волги в межень ( $r=0.82$ ), что связано с зарегулированием стока реки и постепенным увеличением среднегодового количества зимних осадков на ее водосборе. Для северо-западной части Каспийского моря (данные ГМС Махачкала с 1900 по 2000 гг.) годовые суммы осадков (*в мм*), выпадающие непосредственно над морем, дали значимые показатели ( $P=0.99$ ): коэффициенты корреляции  $r=-0.51$  и  $r=0.50$  получены соответственно для показателей «осадки-годы» и «уровень Каспийского моря – осадки». На основании этого можно сделать предположение, что повышение уровня моря способствует незначительному увеличению влажности и соответственно количеству осадков над северо-западной частью Каспийского моря, но за исследуемый период среднегодовое количество осадков в мелководном северо-западном регионе значимо ( $P=0.99$ ) уменьшилось вслед за общим понижением его уровня [Митина, Малашенков, 2013].

Период падения уровня моря 1933-1985 гг. также сказался на климате региона (*табл. 4.4*): зимы стали более суровыми и зимние температуры воды значимо понизились.

**Таблица 4.4.** *Динамика гидроклиматических и биологических показателей Каспийского моря за период конца XIX-начала XXI веков*

| Показатель   | $r$<br>показатель<br>– годы | Период<br>наблюдений, годы | $f$ - число<br>степеней<br>свободы<br>= $m - 2$ | $P$ - доверительная<br>вероятность |
|--|-----------------------------|----------------------------|---|------------------------------------|
| Суровость зимы (число градусо-дней мороза) в цент. части разрезом Дивичи - Киндерли и о-в Куринский камень – о-в Огурчинский | 0.31                        | 1933-1987                  | 49  | 0.95                               |
| Температура воздуха, январь (ГМС Пешной)   | 0.57                        | 1964-1992                  | 25  | 0.95                               |
| Среднегодовая температура воды (ГМС Форт Шевченко)   | 0.56                        | 1970-2000                  | 29  | 0.95                               |
| Температура воды, февраль (ГМС Форт Шевченко)  | 0.70                        | 1970-2005                  | 34  | 0.99                               |
| Температура воды, февраль (ГМС о-в Тюлений)  | 0.46                        | 1970-2005                  | 34  | 0.99                               |
| Температура воды, август (ГМС о-в Тюлений)   | 0.55                        | 1970-2005                  | 34  | 0.99                               |
| Годовые суммы осадков (мм) в с-з части Каспийского моря (ГМС Махачкала)  | -0.51                       | 1900-1998                  | 97  | 0.99                               |
| Многолетние изменения количества кремния в Северном Каспии, тыс. т, апрель-июнь  | -0.66                       | 1938-1987                  | 21  | 0.99                               |
| Многолетние изменения выноса фосфатов с волжскими водами в половодье в Северный Каспий, тыс. т, апрель-июнь                  | -0.59                       | 1936-1978                  | 37  | 0.99                               |
| Сток фосфатов за год, фосфор, тыс. т   | -0.6                        | 1949-1969                  | 23  | 0.99                               |
| Первичная продукция открытого моря Сев. Каспия $O_2$ мл/л/сут., июнь-август  | -0.66                       | 1977-2000                  | 19  | 0.99                               |

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

|   |       |           |    |      |
|---|-------|-----------|----|------|
| Многолетние изменения биомассы фитопланктона Северного Каспия, г/м <sup>3</sup>   | -0.54 | 1934-2004 | 31 | 0.95 |
| Многолетние изменения первичной продукции планктона (глюкоза) Северного Каспия, млн. т/мес., август   | -0.49 | 1936-1978 | 32 | 0.99 |
| Многолетние изменения биомассы диатомовых водорослей в Северном Каспии, г/м <sup>3</sup> , июнь   | -0.6  | 1936-2002 | 18 | 0.99 |
| Многолетние изменения биомассы диатомовых водорослей в Северном Каспии, г/м <sup>3</sup> , август   | -0.47 | 1934-1986 | 20 | 0.95 |
| Многолетние изменения биомассы зоопланктона в западной части Северного Каспия, мг/м <sup>3</sup> , июнь   | 0.49  | 1933-1988 | 75 | 0.99 |
| Распределение биомассы зообентоса в Северном Каспии, г/м <sup>2</sup>   | 0.38  | 1935-2006 | 64 | 0.99 |
| Биомасса зообентоса западного района Северного Каспия, г/м <sup>2</sup>   | 0.48  | 1935-2005 | 58 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы моллюсков) прибрежных и солоноватоводных форм бентоса в западной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь | 0.48  | 1935-1984 | 42 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы) прибрежных и солоноватоводных форм дрейссены в восточной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь        | -0.5  | 1935-1987 | 42 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы прибрежных и солоноватоводных форм дидакны в восточной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь           | 0.52  | 1935-1987 | 42 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы прибрежных и солоноватоводных форм олихохет в западной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь           | 0.72  | 1935-1987 | 42 | 0.99 |

|   |       |           |    |      |
|---|-------|-----------|----|------|
| Многолетние колебания средней биомассы прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (все черви) в западной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь    | 0.73  | 1935-1987 | 42 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (ракообразные) в западной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь | 0.8   | 1935-1987 | 42 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы прибрежных и солоноватоводных форм бентоса (все группы) в западной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь   | 0.68  | 1935-1987 | 42 | 0.99 |
| Многолетние изменения биомассы бентоса в Северном Каспии, тыс. т, июнь  | -0.6  | 1930-2004 | 10 | 0.95 |
| Многолетние колебания средней биомассы морских форм бентоса (моллюски) в западной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь                           | 0.49  | 1935-2003 | 44 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы морских форм бентоса (черви-нереис) в восточной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup> , июнь                      | 0.83  | 1957-1987 | 39 | 0.99 |
| Многолетние колебания средней биомассы морских форм бентоса в восточной части Северного Каспия, г/м <sup>2</sup>  | 0.52  | 1935-2004 | 44 | 0.99 |
| Улов полупроходных рыб (вобла) в Северном Каспии, тыс. т  | -0.82 | 1933-1989 | 54 | 0.99 |
| Улов полупроходных рыб (судак) в Северном Каспии, тыс. т  | -0.9  | 1932-1989 | 56 | 0.99 |

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

|  |       |           |     |      |
|--|-------|-----------|-----|------|
| Средиземноморские солелюбивые (нерейс, абра, перастодерма и др. важнейшие кормовые организмы) - кормовая база взрослых осетровых рыб, г/м <sup>2</sup>                           | 0.74  | 1935-1971 | 31  | 0.99 |
| Прибрежные слабосоленатоводные и эвригалинные виды (хириномиды, амфареитиды, олигохеты, ракообразные) - кормовая база леща, молоди воблы, молоди осетровых рыб, г/м <sup>2</sup> | 0.71  | 1933-1974 | 31  | 0.99 |
| Площадь нерестилищ осетра на Нижней Волге, га  | -0.97 | 1938-1990 | 31  | 0.99 |
| Численность (тыс. шт.) нерестового стада осетровых рыб в Северном Каспии (севрюга - Волга)   | 0.44  | 1965-1990 | 24  | 0.95 |
| Количество производителей севрюги (тыс. шт./год), пропущенных на нерестилища Нижней Волги  | 0.67  | 1962-1990 | 27  | 0.99 |
| Улов осетровых в Каспийском море (Иран), тыс. т в год  | 0.59  | 1929-1998 | 68  | 0.99 |
| Добыча осетровых рыб в Каспийском бассейне (без Ирана), тыс. т   | -0.32 | 1898-2003 | 100 | 0.99 |

Согласно данным «ГМС Пешной» за 1964-1992 гг., вслед за повышением уровня моря после 1985 г. несколько возросли зимние температуры воздуха ( $t_{\text{возд}}$  - годы  $r=0.6$ ). По данным «ГМС Шевченко» в период повышения уровня моря за 1970-2005 гг. возросла среднегодовая температура поверхностных вод ( $t_{\text{вод}}$  - годы  $r=0.6$   $P=0.99$ ), вероятно, за счет того, что за этот же период значимо возросла зимняя температура поверхностных вод ( $t_{\text{воды в феврале}}$  - годы  $r=0.7$   $P=0.99$ ). Для «ГМС Тюлений» за тот же период времени получены средние показатели корреляции приращения зимних и летних температур поверхностных вод моря ( $t_{\text{вод}}$  - годы  $r=0.5$  и  $0.6$  соответственно при  $P=0.99$ ).

Коэффициенты корреляции показателей эффективного испарения с поверхности Каспийского моря (данные 1889-2001 гг.), которое является неотъемлемой составляющей гидрологического цикла любого водоема, не дали значимых результатов ни с одним из анализируемых показателей.

## 4.2. Влияние изменений уровня Каспийского моря на устойчивость ряда элементов экосистемы его Северного региона

За время регулярных инструментальных наблюдений, которые ведутся с 1837 г., уровень Каспийского моря был подвержен значительным колебаниям. Целью настоящего исследования является установление воздействия изменения уровня Каспийского моря на видовой состав, динамику, стабильность и разнообразие водных экосистем. Для этого с использованием расчетов коэффициентов парной корреляции ( $r$ ) проанализирована матрица данных, составленная по литературным и фондовым материалам, в которую по годам с 1935 по 2005 гг. включены среднегодовые значения климатических, гидрологических, гидрохимических и биологических показателей состояния природной среды Северного Каспия (всего 119 показателей). В результате получены зависимости изменения ряда показателей фито- и зоопланктона, некоторых видов макрозообентоса, являющихся кормовыми объектами ценных промысловых рыб и осетровых рыб от уровня моря [Митина, Малашенков, 2013].

### Воздействие изменения уровня моря на биогидрохимию и биологическую продуктивность вод

За период 1978-2002 гг. сократилось количество загрязняющих веществ, выносимых Волгой, что объясняется спадом производства. За 1938-1987 гг. количество биогенов (фосфатов и кремния), выносимых реками сократилось (табл. 4.4), что связано с зарегулированием стока, при котором значительная часть загрязняющих веществ оседает на дне водохранилищ и общим снижением стока и скорости течения Волги. По данным 1978-2001 гг. обнаружены значимые отрицательные корреляции уровня моря с растворенными в воде биогенами в январе:  $\text{PO}_4$  ( $r=-0.5$  для при  $f=24$   $P=0.99$ ),  $\text{Si}$  ( $r=-0.66$  для при  $f=24$   $P=0.99$ ),  $\text{NH}_4$  ( $r=-0.6$  при  $f=22$  для  $P=0.99$ ), с загрязняющими веществами – содержанием фенолов в воде летом в июле ( $r=-0.5$  при  $f=22$   $P=0.99$ ) и зимой в январе ( $r=-0.7$  при  $f=18$   $P=0.99$ ), что указывает на эффект разбавления этих веществ при повышении уровня моря. Среднегодовые же показатели изменения за данный период солености ( $r=-0.0$ ), pH ( $r=-0.1$ ), содержания растворенного кислорода ( $r=-0.1$ ) с уровнем моря достоверно не связаны.

Вслед за общим падением уровня моря и сокращением биогенов за период 1934-2004 гг. значимо сокращается первичная продукция открытого моря и прибрежных вод Северного Каспия, биомасса фитопланктона, в частности диатомовых водорослей, развитие которых нуждается в кремнии (табл. 4.4, рис. 4.3). Эта тенденция сохранилась и в период повышения уровня моря, вероятно, в связи с зарегулированием стока Волги и заменой реофильных видов на лимнофильные.



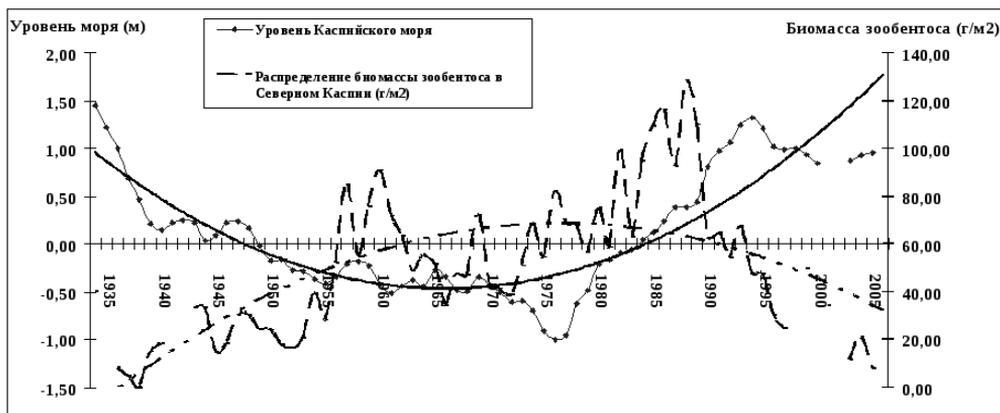
Рис. 4.3. Изменение биомассы фитопланктона в Северном Каспии за 1934-2004 гг.

### Многолетняя динамика биомассы зообентоса северной части Каспийского моря

В Каспийском море к бентосу по разным данным относятся приблизительно 50 видов, среди них по числу видов доминируют моллюски (119 видов), амфиподы (74) и олигохеты (31 вид). Среди видов донных беспозвоночных, появившихся в Каспийском море в последнем столетии, наибольшее развитие получили полихеты *Nereis diversicolor*, двустворчатые моллюски *Abra ovata* и *Mytilaster lineatus*. После преднамеренного вселения в 1939-1948 гг. они сформировали многочисленные популяции и существенно изменили структуру донных сообществ Каспия.

Большинство мелких полихет (*Ampharete*) собирают частицы растительного детрита с поверхности грунта или отцеживают их из придонного слоя воды. Крупные полихеты (*Nereis*) всеядны, поглощают поверхностный слой осадка вместе с остатками водорослей и мелкими животными. Донные ракообразные (*Amphipoda*, *Cumacea*, *Mysidae*) питаются водорослями и детритом. Многие виды обнаруживают приуроченность к определенным типам грунта. Например, *Didacna trigonoides* образует поселения наибольшей плотности на ракушечных и илесто-ракушечных грунтах, а моллюски *Abra* и *Cerasroderma*, полихеты *Nereis* широко распространены на грунтах с примесью ила. Массовое развитие большинства видов пресноводного и автохтонного комплексов наблюдается в северной части моря на глубинах до 6 м, а их наибольшая биомасса приурочена к устьевым областям рек [Яблонская, Осадчих, 1996].

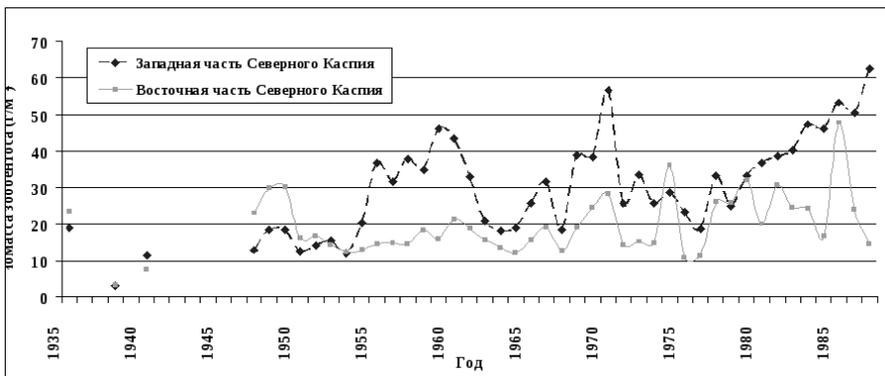
Тренд динамики биомассы бентоса и его разновидностей был неоднородным и зависел от изменений уровня моря. На рис. 4.4 тренд динамики биомассы бентоса в зависимости от уровня Каспия показывает, что данные два показателя явно находятся в противофазе, но при этом  $r = -0,2$ .



**Рис. 4.4.** Динамика биомассы зообентоса в Северном Каспии (г/м<sup>2</sup>) [по: Атлас ..., 1968; Атлас ..., 2002; Биологическая продуктивность..., 1974] и уровня Каспийского моря [по Фролову, 2003] за период 1935-2005 гг.

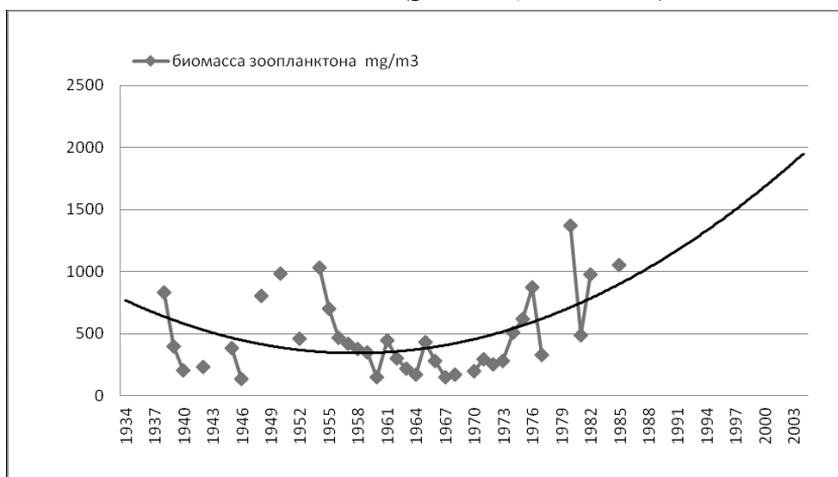
В период стабилизации уровня моря в Северном Каспии было отмечено уменьшение биомассы бентоса. За период снижения уровня моря 1935-1987 гг. в целом возросло количество как прибрежных и солоноватоводных, так и морских форм бентоса, особенно червей и в частности нереиса (табл. 4.4). В 1971 г. наблюдалось повсеместное снижение биомассы бентоса, обусловленное в первую очередь снижением биомассы дрейссены. В период повышения уровня моря (1980-е и 1990-е годы) более интенсивно развивались ракообразные (на 40% больше), черви (на 60%), хирономиды (на 65%).

Среди червей лидирующее положение занимали олигохеты, среди ракообразных - амфиподы. Доминирующими видами среди моллюсков были средиземноморские вселенцы *Adra ovata* и *Mytilaster lineatus*. Эти организмы преимущественно развивались в глубинной зоне западного района Северного Каспия, где образовывали иногда до 50% общей биомассы бентоса. Общим для всех лет этого периода было уменьшение численности дрейссены — индикатора чистоты воды. После 1990 г. биомасса бентоса начала резко снижаться (с 109,9 г/м<sup>2</sup> в 1990 г. до 62,6 г/м<sup>2</sup> в 1991 г.). Так, в 1998 г. она достигла рекордно низких за 10 предшествующих лет показателей (24,9 г/м<sup>2</sup>), в июне в западной части моря биомасса бентоса составляла всего 13,7 г/м<sup>2</sup>. Однако в 1999 г. биомасса зообентоса вновь увеличилась, например, в западной части в июне она составила 121,3 г/м<sup>2</sup>, а в июле - 103,8 г/м<sup>2</sup>. В распределении общего бентоса между западными и восточными пастбищами приоритет имел западный район, и если в 1973-1977 гг. количественные показатели в развитии донных беспозвоночных на западе были почти в 2 раза выше, то в период повышения уровня моря эта разница увеличилась до четырех раз (рис. 4.5).



**Рис. 4.5. Динамика биомассы (г/м<sup>2</sup>) прибрежных и солонатоводных форм зообентоса в западной и восточной частях Северного Каспия (июнь)**

Тренд биомассы зоопланктона изменялся так же, как и тренд биомассы зообентоса, т.е. в зависимости от уровня моря с общей тенденцией к повышению в 90-е годы 20-го века (рис. 4.6, табл. 4.4).



**Рис. 4.6. Динамика биомассы зоопланктона северной области Каспийского моря**

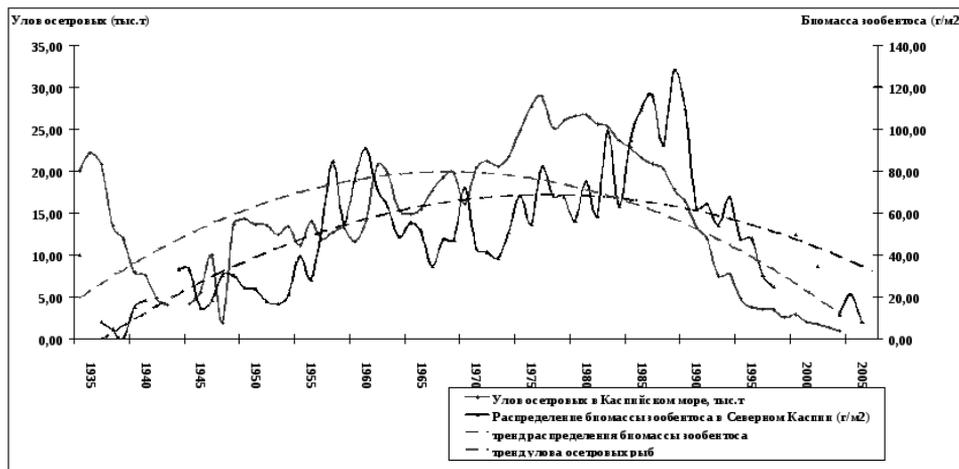
Данная взаимозависимость указывает с одной стороны на сложность трофической сети Северного Каспия, а с другой - на преобладание в биомассе зоопланктона в июне видов зообентоса, находящихся на ранней (планктонной) стадии развития.

### Многолетняя динамика ихтиофауны в Каспийском море

За исторический период 1913-1998 гг. сократились уловы всех видов рыб, исключая уловы осетровых рыб в Иране. Сильно сократились площади нерестилищ осетровых рыб, при этом выросли кормовые ресурсы как осетровых рыб, так и полупроходных видов (табл. 4.4). При сопоставлении биомассы бентоса и уловов осетровых рыб мы получили значимые

положительные корреляции ( $r=0.47$  для  $P=0.99$ ), при этом смещая показатели биомассы бентоса по отношению к уловам осетровых, корреляции возрастали до  $0.699$  при смещении биомассы бентоса на семь лет вперед, учитывая так называемые «волны жизни» (рис. 4.7).

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



**Рис. 4.7.** Уловы осетровых рыб (тыс. т) и биомасса донных беспозвоночных, являющиеся их кормовой базой (г/м<sup>2</sup>)

К числу важнейших воздействий, оказывающих влияние на стабильное экологическое состояние Каспийского моря относится изменение его уровня. Отслежено три периода изменения уровня Каспия и вслед за ним — изменения качественного и количественного состава сообществ гидробионтов. Первый период — до 1933 года период относительной стабильности уровня моря — период понижения уровня во время заполнения водохранилищ, третий период — с 1978 г. — период колебательных движений с итоговым повышением уровня.

Несмотря на то, что р. Волга имеет значительный приток вод в Каспийское море, результаты приведенных в данной работе исследований заставляют придерживаться также «тектонической концепции» изменения уровня Каспийского моря. В связи с вышеизложенным, следует развивать и всячески поддерживать фундаментальные исследования, посвященные тектонической концепции изменения уровня Каспийского моря, так как состояние уровня Каспия и эффективный прогноз изменения уровня способствует пониманию экологического состояния его водной экосистемы.

Изменения климатических показателей тесно связано с уровнем Каспийского моря. Повышение уровня моря способствует незначитель-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

ному увеличению влажности и соответственно количеству осадков над северо-западной частью Каспийского моря, но за исследуемый период среднегодовое количество осадков в мелководном северо-западном регионе значимо ( $P=0.99$ ) уменьшилось вслед за общим понижением его уровня. В период падения уровня моря 1933-1985 гг. зимы стали более суровыми и зимние температуры воды значимо понизились.

Согласно данным «ГМС Пешной» за 1964-1992 гг. вслед за повышением уровня моря после 1985 г. возросли зимние температуры воздуха, среднегодовая и зимняя температуры поверхностных вод. Для «ГМС Тюлений» за тот же период времени получены средние показатели приращения зимних и летних температур поверхностных вод. В период падения уровня Каспийского моря в 1933-1978 гг. и снижения биомассы фитопланктона биомасса зоопланктона значимо возрастает, а в период повышения уровня моря — биомасса снижается (данные 1933-2005 гг.), что указывает на сложную, разветвленную трофическую сеть в Северном регионе Каспийского моря.

Уровень Каспийского моря и биомасса бентоса Северного Каспия — взаимозависимы и находятся в противофазе (данные 1935-2005 гг.). Тренд изменения биомассы зоопланктона соответствует тренду изменения биомассы зообентоса, показывая, что в основном зоопланктон относится к т.н. «временным представителям», т.е. - видам зообентоса, находящимся в июне в личиночной стадии развития. Падение уровня моря не сказалось отрицательно на биомассе различных форм бентоса. Мы наблюдаем, как в Западной провинции Северного Каспия, так и в Восточной провинции произошло увеличение биомассы как солоноватоводных, так и морских форм, за исключением двустворчатого моллюска дрейссены — показателя чистоты вод (данные 1935-2005 гг.). Особенно выросла биомасса червей, как менее чувствительных к загрязнению вод видов и, в частности, нереса, специально интродуцированного в качестве кормового вида ихтиофауны. Кормовую базу ценных проходных и полупроходных видов рыб в значительной степени определяют представители зообентоса. В период падения уровня моря биомасса как солонолюбивых, так и прибрежных слабосоленатоводных и эвригалинных кормовых видов в Северном Каспии значимо возросла (данные 1933-1974 гг.).

При сопоставлении биомассы бентоса и уловов осетровых рыб получены значимые положительные корреляции ( $r=0.47$  для  $P=0,99$ ), при этом учитывая т.н. «волны жизни», т.е. смещая показатели биомассы бентоса по отношению к уловам осетровых на 7 лет, корреляции возрастали до  $r=0.7$  для  $P=0.99$  (данные 1928-2000 гг.). Получено, чем обильнее пища производителей, тем обильнее их нерест, выше жизнестойкость половых продуктов, оплодотворенной икры и личинок, а через 6 - 8 лет, когда вылупившиеся из икры мальки достигнут промыслового возраста, соответственно будет большим их промысловое стадо и возможный улов.

## ГЛАВА V

**РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ  
ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

Актуальность ресурсного подхода к изучению подводных ландшафтов Каспийского моря обусловлена высокой социально-экономической значимостью их природных богатств, среди которых особое место занимают минеральные – морские запасы нефти и газа и биологические – ценные промысловые виды рыб (в первую очередь осетровые).

**5.1. Нефтепромыслы Северного Каспия**

Добыча нефти и природного газа в акваториях морей имеет довольно длительную историю. Примитивными способами морскую добычу нефти вели еще в XIX в. в России на Каспии, в США в Калифорнии и в Японии [Максаковский, 2004]. В 30-е гг XX в. на Каспии и в Мексиканском заливе были осуществлены первые попытки бурения шельфа на нефть со свайных сооружений и барж. Начало же действительно быстрого роста морской добычи нефти и газа относится к 1960-м гг. В настоящее время морскую добычу нефти ведут почти в 50 странах мира на всех пяти обитаемых частях света. В середине 1990-х гг, добыча нефти при глубинах от 200 до 400 м перестала быть редкостью, максимальная глубина возросла с 300 м в 1984 г. до 1800 м в 1998 г, хотя современные поисково-разведочное бурение ведут на глубинах 3000 м и более.

Каспийский нефтегазоносный регион и, особенно, его шельфовая зона являются одним из самых перспективных районов для добычи нефти в XXI веке. Его ресурсная база сопоставима с запасами нефти и газа в Северном море, а географическое положение придает ему важное стратегическое значение не только для прибрежных стран, но и для стран Запада. Расположенный в центре между нефтяными рынками Европы и Азии, Каспийский нефтегазоносный регион будет определять стратегию нефтяного бизнеса в текущем столетии, особенно на рынках Юго-Восточной Азии.

Нефтепромыслы появились в Каспийском регионе уже в XIX веке. В начале (1824 г.) это были изолированные от воды колодцы в окрестностях Баку недалеко от берега, из которых черпали нефть, а к началу XX века Азербайджан уже занимал первое место в мире по добыче нефти – 11,5 млн. т в год, что составляло 50% ее мировой добычи. В 1900 г. инженером Н.И. Андрусовым было доказано, что нефть имеется не только на суше, но также

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

на дне Каспия, а В.К. Зеленицкий предложил добывать нефть со дна моря, пробуравив скважины с деревянных платформ [Касымов, Аскеров, 2001].

Уже с 40-х гг. прошлого века было начато бурение скважин в шельфовой зоне Каспия, но называть эти разработки морскими можно с большой долей условности, так как их освоение велось в основном наклонно-направленными скважинами с берега, с насыпных дамб и коротких эстакад, берущих свое начало на суше. Морская нефтедобыча в Азербайджане началась в ноябре 1948 г., когда бригада буровиков высадилась на небольшом острове Нефтяные камни (Нефт Дашлары). Первая нефть со дна моря на месте была получена только через год. В 1960-е гг. советские геологи, проводя разведочные работы на Каспии, оценивали прогнозируемые запасы на его шельфе в 3,4 млрд.т. К настоящему времени только доказанные запасы нефти составляют почти 4 млрд.т., а прогнозируемые запасы нефти по наиболее объективным прогнозам оцениваются в 24 млрд. т [International ..., 2001].

Долгое время препятствием для морской нефтедобычи в Северном Каспии являлись жесткие требования, ограничивающие работы по поиску нефти и газа в этой части моря: постановление Правительства РСФСР от 31 января 1975 г. «Об объявлении заповедной зоны в северной части Каспийского моря» запрещало геологические работы на большей части акватории российского шельфа. Поэтому, прежде чем были выданы лицензии на проведение геологической разведки, а затем поисково-разведочных работ и промышленного бурения, был законодательно изменен статус Северного Каспия. В 1995 г. компания «Лукойл» приступила к геофизическим, инженерно-геологическим, экологическим, метеорологическим исследованиям акватории Северного и Среднего Каспия. Общая площадь исследований составила более 63 тыс. км<sup>2</sup> [Экологическая политика..., 2000; 2003]. По предварительным оценкам, суммарные извлекаемые запасы месторождений составляют более 900 млн. т условного топлива. Считалось, что пик добычи (3,5 млн. т нефти и 14 млрд. м<sup>3</sup> газа в год) достигнут в 2011-2012 гг.

Эксплуатация морских месторождений нефти на Северном Каспии предусматривает отсутствие каких - либо выбросов нефтепродуктов и всех компонентов, сопутствующих поисково-разведочному и промышленному бурению [Экологическая политика ..., 2000; 2003]. Это так называемый сценарий «нулевого» варианта, при котором все отходы от поискового бурения собираются на самоподъемные буровые установки в специальные контейнеры и емкости, затем транспортируются судами обслуживания для хранения на береговых базах и утилизации на специальных полигонах. Такая технология разведки и добычи нефти уже разработана и в этом случае, по мнению разработчиков, наиболее опасным могут быть катастрофические ситуации, связанные с непредвиденными природными стихийными явлениями.

## 5.2. Загрязнение окружающей среды при эксплуатации платформенных структур

Загрязнение, связанное с нефтедобывающими платформами, включает сток буровых растворов и шламов, технологических стоков, а также дренажа палубы и хозяйственно-бытовых сточных вод. В процессе бурения<sup>5</sup> через буровую скважину проходят грязевые буровые растворы, которые охлаждаются и смазывают бур и трубы, удаляют шламы и поддерживают необходимое давление и целостность буровой скважины. Отработанные буровые растворы сливаются непосредственно к основанию платформы, где и накапливаются [Патин, 1998; 2001]. За время существования одной скважины состав буровых растворов меняется восемь - десять раз; как правило, за один раз заменяется 160000 - 340000 л. В стадии бурения разгрузка буровых растворов составляет приблизительно 8000-32000 л/час при норме разгрузки от 4 800-160 000 л/час.

Отходы бурения состоят из тонкодисперсных твердых частиц и растворенных элементов. Твердые тонкодисперсные частицы формируют мутьевые потоки и дрейфуют вниз, формируя донные отложения, либо находятся в водной толще в виде суспензии. За несколько месяцев они слеживаются или перерабатываются в донные отложения или, чаще всего, рассеиваются придонными течениями. Наряду с растворимой фракцией, суспензии формируют мутьевые потоки в приповерхностной части водной массы, которые имеют размытые формы и границы, и, смешиваясь с морской водой расширяются и транспортируются далеко от места разгрузки. Концентрация мутности в потоке быстро уменьшается с расстоянием, а сам мутьевой поток часто погружается, когда достигает термоклина или пинноклина. Даже при том, что растворимая фракция в потоке может сохраниться в течение некоторого времени, взвешенная фракция быстро разбавляется. При разгрузке 39750 л буровой жидкости со скоростью 729 л/мин, фоновые уровни мутности наблюдаются в 500 м от дренажной системы [Ayers, Sauer, 1980].

После завершения процесса бурения единственная разгрузка, связанная с деятельностью работающих платформ, это попутные воды. Как правило, они содержат высокие концентрации растворенных солей (до 35 000 мг/л), включая неорганические катионы типа натрия, магния, кальция, и анионы типа хлорида, сульфата, карбоната и бикарбоната. Углеводороды и другие органические составляющие присутствуют в миллионных долях. Попутные воды обычно горячие (300 - 400°C) и обеднены кислородом [Gallaway, Martin, 1981]. Объем их разгрузки меняется во времени и в зависимости от геологической фор-

<sup>5</sup> Для строительства одной скважины требуется приблизительно 1 - 3 месяца, при этом 30-50 % этого времени тратится на бурение.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

мации. Например, платформа, находящаяся в районе месторождения «Bussaneer Gas and Oil Field» (BGOF) в 50 км к югу от Галвестона, штат Техас и активно эксплуатирующаяся, разгружает в среднем 160000-223000 л/день [Gallaway, Martin, 1981]<sup>6</sup>. В ее стоках содержится 382 г алканов и 17-23 г разнообразных легких ароматических углеводородов (преимущественно бензола, толуола и этилбензина) [Middleditch, 1981], что в целом составило 19 % от расчетных 2 кг/дн. нефтяных углеводородов, сливаемых с одной платформы. С платформы данного месторождения сбрасывается также большое количество макрочастиц серы (207 кг/день). Сера нерастворима в воде и приблизительно вдвое тяжелее, и если углеводороды отсорбируются частицами серы, то сера служит главным транспортером нефти через водную толщу к донным осадкам. На нефтяном поле «BGOF» уровни загрязнения донных отложений под платформами варьируют весьма значительно, но, как правило, преобладают в непосредственной близости от платформ (до 500 м). Бытовые сточные воды (горячая вода от электростанции, морские воды, сепарированные в процессе опреснения и бытовые стоки) составляют приблизительно 30 л/час [Gallaway, Lewbel, 1982].

Согласно проведенным исследованиям [Final Report, 1995], основными загрязнителями около платформ являются углеводороды и металлы (рис. 5.1).

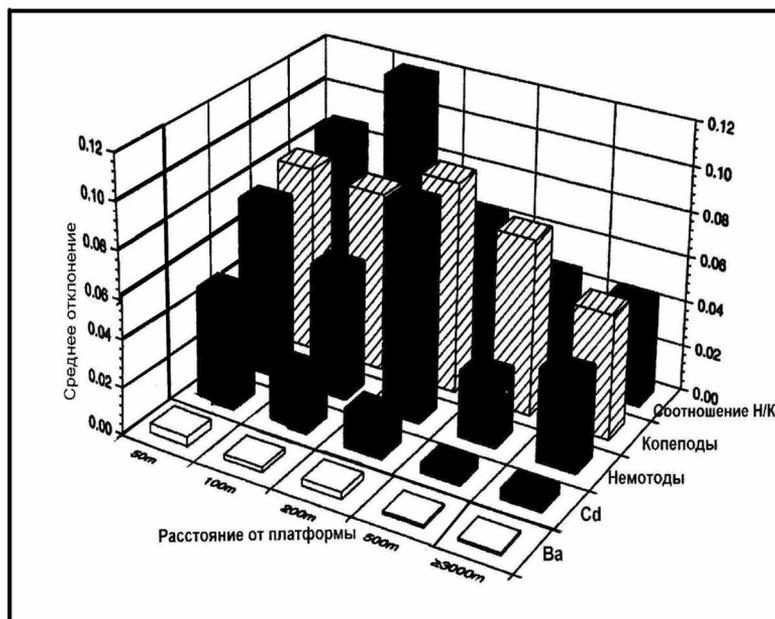


Рис. 5.1. Распределение загрязняющих веществ и некоторых видов зообентоса в зависимости от удаленности от нефтедобывающей платформы [MMS, 1996]

Необычным является то, что концентрации загрязнителей были наиболее высоки в грубообломочных отложениях. Повышенное содержание углеводородов быстро уменьшается и выклинивается на расстоянии 100-200 м от платформы. Пространственный анализ показал сильную направленную ориентацию, отражающую перераспределение углеводородов течениями после разгрузки буровых растворов. Большинство углеводородов в прибрежных районах быстро разлагается. На более глубоких участках загрязнение донных осадков углеводородами более устойчиво и сохраняется в течение ряда лет [Northeastern Gulf of Mexico, 1996]. В районе эксплуатируемых платформ следствием повышенного содержания в осадках органического вещества является увеличение биомассы сообщества детритофагов – донных беспозвоночных, питающихся грунтом – более чем в пять раз. Содержание около платформ неорганического углерода также увеличено, вероятно, из-за скопления известковых останков организмов, обрастающих платформу, а также карбонат-содержащих обломков пород, отложенных в процессе бурения.

Анализ результатов исследований, проведенных в США по проекту GOOMEX [Final Report, 1995] показал, что гидрохимический состав вод и донных отложений, а также состав сообществ – обрастателей, бентоса и скоплений рыб, связанных с нефтяными структурами, изменяются в зависимости от следующих факторов месторасположения платформы: удаленности от берега, глубины, географической широты и длительности эксплуатации самой платформы. В придонных слоях водных масс в непосредственной близости от платформ имеет место регенерация органических веществ ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  и  $\text{SiO}_3$ ) совместно с гипоксией. Исследования показали существенное повышение песчаной фракции (на 26%) по мере приближения к платформе на расстояние менее 500 м, что связано с депонированием буровых растворов. По мере приближения к платформе количество органического углерода в осадках также возрастает (но не пропорционально увеличению содержания песка) за счет известковых останков организмов, населяющих платформу и бурения известковых пород.

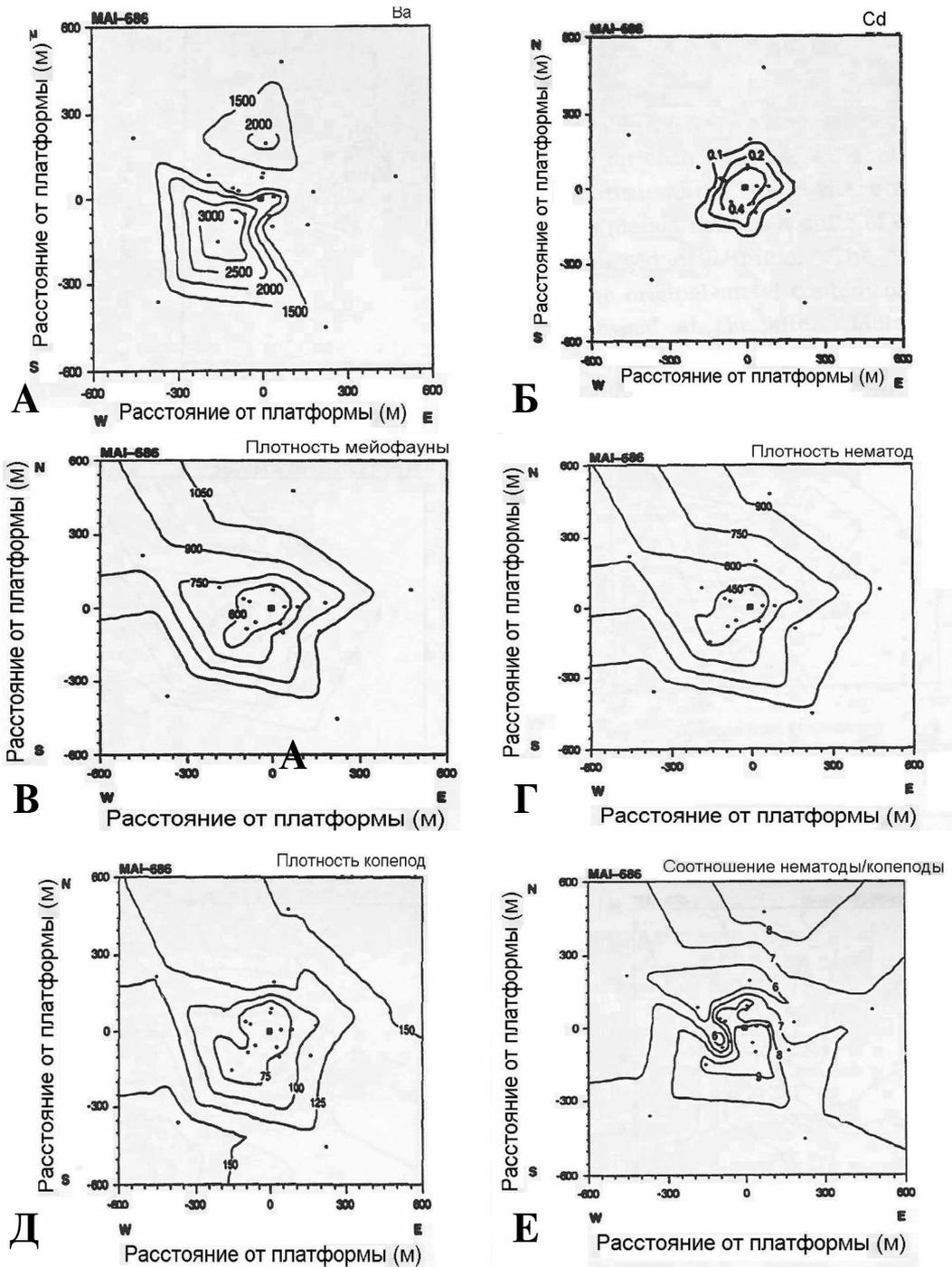
Основными загрязнителями вокруг платформ являются углеводороды, и металлы, при этом концентрации загрязнителей наиболее высоки в грубообломочных отложениях. По сравнению с морскими районами, подверженных частым нефтяным разливам и прибрежными областями, которые подвержены широкомасштабному хроническому загрязнению в течение длительного периода, концентрации углеводородов в отложениях в районе действующих платформ низки. Пространственный анализ показал сильную направленную ориентацию, отражающую перераспределение загрязняющих веществ течениями после разгрузки буровых

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

растворов. Чем ближе к платформе, тем больше эффект загрязнения. Длина шлейфа заметного загрязнения зависит от загрязняющего вещества (ПАУ - полиядерные ароматические углеводороды) до 200 м, барий более 500 м, песок до 200 - 500 м). Повышенное содержание углеводородов быстро уменьшается и выклинивается на расстоянии 100 - 200 м от платформы. На небольших глубинах большинство углеводородов быстро разлагается. На участках глубже 80 м загрязнение дна углеводородами более устойчиво и сохраняется в течение ряда лет [Final Report..., 1995; Northeastern Gulf of Mexico..., 1996]. Некоторые металлы (Cr, Fe, Pb, Zn и Cd) помимо разгрузки буровых растворов поступают и из других источников, и их повышенные концентрации связаны с процессом эксплуатации платформы. Концентрации тяжелых металлов в осадках превышают допустимые уровни (рис. 5.2).

По данным MMS [1995], сравнение уровней загрязнения в тканях беспозвоночных, обитающих около платформ и на фоновых участках континентального шельфа, показало, что увеличение металлов (Zn, Pb) в тканях происходит в соответствии с повышением концентрации металлов в отложениях. Биоаккумуляции загрязнителей не было отмечено в мегафауне (беспозвоночные и глубоководные рыбы), обитающей близко к платформам. Сравнение концентраций металла в тканях гидробионтов с историческими данными позволило предположить, что концентрации металлов, обнаруженных в печени рыб, обитающих в районе платформ сопоставимы с фоновыми уровнями.

Проект MMS 2001-2005 гг. включал исследование влияния нефтедобычи на состав сообществ и обилие обрастателей и рыб, находящихся на ранних этапах развития: личинок, мальков и сеголеток рыб [Across-shelf larval, 2001; Final Environmental Impact Statement, 2002]. Оценивали дозы и характер хронических сублетальных эффектов, связанных с воздействием загрязняющих веществ на морские организмы. Для этого на разных расстояниях от платформ измеряли температуру и соленость вод, взвешенное вещество, видовой состав и биомассу фито- и зоопланктона, изучали сообщества рыб во всей водной толще, фиксировали фазу луны, время суток, приливно-отливной цикл. Исследования в рамках так называемой «триады качества осадков» включали: биологические (обилие четырех основных типов организмов мейофауны и макроинфауны); химические (распространение общих полициклических ароматических углеводородов, общего органического углерода, общего неорганического углерода, общей щелочности, процентное содержание песка, алевроитовых илов, глины, окислительно-восстановительный потенциал, содержание железа, кадмия, алюминия, бария); токсикологические, в том числе тест на токсичность поровых вод (в качестве критерия использовали такой показатель, как процент развития здоровых особей из эмбрионов).



**Рис. 5.2.** Распределение средних концентраций тяжелых металлов и организмов-индикаторов в донных отложениях вокруг платформы MAI – 686: А) бария; Б) кадмия; В) мейофауны (экз/10 см<sup>2</sup>); Г) нематод (экз/10 см<sup>-2</sup>); Д) копепод (экз/10 см<sup>-2</sup>); Е) соотношения нематоды/копеподы [MMS, 1995]

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Акустические и визуальные исследования сообществ рыб в районах нефтедобывающих платформ [Northeastern Gulf of Mexico, 1999] показали, что плотность скопления рыб изменяется в зависимости от расстояния до платформы и ряда физико-географических факторов: плотность рыб возрастает с увеличением скорости течений и сокращается с понижением температуры воды в зимний период. Основные скопления рыб наблюдаются до глубины 15 – 20 м. По мере увеличения глубин, а также по мере уменьшения содержания в воде растворенного кислорода плотность скопления рыб уменьшается.

На всех исследуемых участках плотность скопления взрослых особей рыб в пределах 50 м от платформы был в 3-10 раз выше, чем в близлежащих водах (рис. 5.3). На самом мелководном участке снижение плотности рыбы с расстоянием от платформы было ярко выражено: на расстоянии больше чем 18 м от платформы удельный вес рыбы практически соответствовал таковому в открытых водах северной части Мексиканского залива. Эти выводы соответствуют результатам, полученным [Stanley, Wilson, 1990; 1997] для участка подобной глубины, но находящегося на расстоянии более 300 км от платформы.

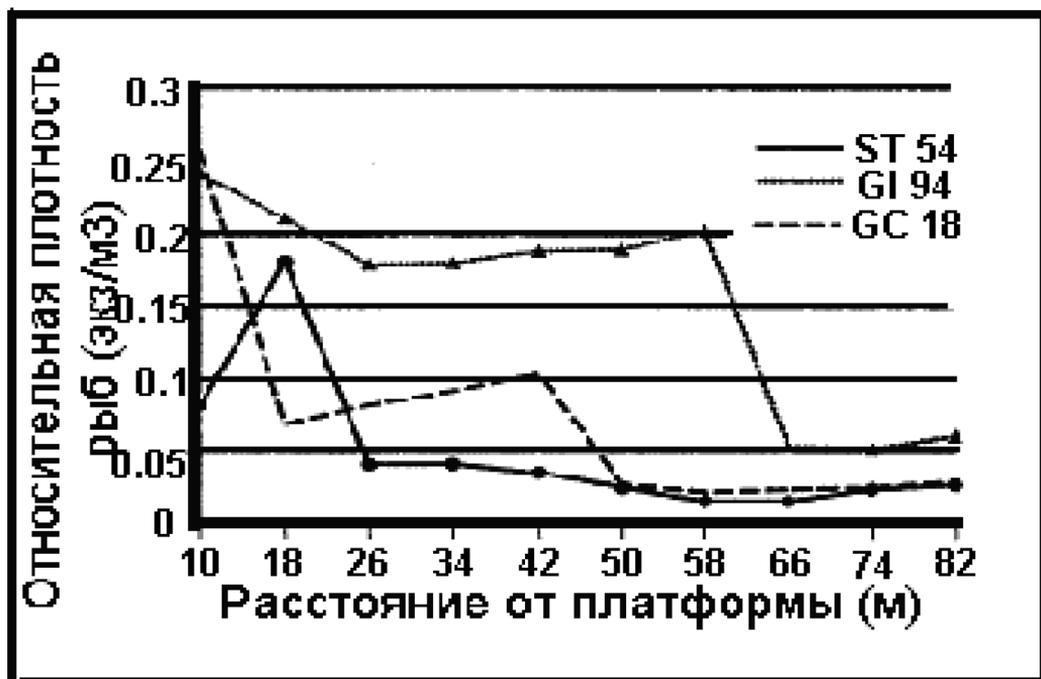


Рис. 5.3. Средняя относительная плотность взрослых рыб (особи/м³) в зависимости от расстояния от платформ GC-18, ST-54 и GI-94 с августа 1994 г. по март 1997 г. и ST-54 с августа 1995 г. по февраль 1997 г. [MMS, 2001]

На более глубоководных участках закономерность снижения плотности рыбы с расстоянием от платформы наблюдалось до 50 м, затем значения исследуемой характеристики приблизились к данным обычным для открытых вод Мексиканского залива. Вероятно, это связано с различным составом доминирующих видов рыб в прибрежных и глубоководных областях, а также с ограниченными возможностями гидроакустической аппаратуры достоверно определять плотностные распределения рыб на глубоководных участках, воды которых отличаются большей прозрачностью. Аналогичные результаты, указывающие на увеличение плотности скопления сообществ ихтиофауны вблизи нефтедобывающих платформ, получены для ряда участков западного побережья Африки [Cripps, 1995] и для различных регионов Северного моря [Aabel, Cripps, 1997; AUMS, 1987; Cripps, 1995; Gallaway and Lewbel, 1982; Valdermarsen, 1979]. Согласно этим исследованиям, нефтяные платформы выступают в качестве искусственных рифов, которые, по мнению этих авторов, можно эффективно использовать как в рекреационных целях, так и в целях коммерческой рыбной ловли в разных климатических условиях.

Однако в тканях беспозвоночных и рыб, находящихся вблизи платформ, отмечается существенная биоаккумуляция углеводородов, что подтверждается российскими учеными для морей РФ. Гидробионты (рыбы, моллюски, ракообразные и т.д.) в условиях загрязнения вод нефтью и нефтепродуктами, накапливают углеводороды в мышцах и других тканях, в концентрациях, значительно (до 10000 раз) превышающих их концентрации в воде. По мере биоаккумуляции этих веществ в тканях гидробионтов увеличиваются негативные реакции, происходящие в их организмах. При постоянном воздействии загрязняющего вещества гидробионты могут получать также летальную дозу токсичных веществ за счет их накопления при исходно низкой «безопасной» концентрации этих веществ в воде [Израэль, Цыбан, 1989]. Углеводороды, накопленные морскими организмами, могут передаваться дальше через многих представителей пищевой цепи, не претерпевая никаких изменений, и, в конечном итоге, попадать на стол человеку.

Исследования, проведенные в районе, охватывающем нефтяные структуры «Широтная», «Сарматская», «Ракушечная», «Хвалынская», а также на станциях, прилегающих к отведенному участку и в лабораторных условиях [Горбунова, Костров и др., 2001; Гаранина, Курапов и др., 2001; Горбунова, Уцов и др., 2002; Иванов, 2000; Коваленко, Курапов и др., 2001, Костров, Горбунова и др., 2002; Патин, Зайцева, 2005; Сапрыкин, Бедрицкая и др., 2000; Хорошко, Эмирова, 2002; Хураськин, Захарова, 2001] показали, что даже при самых современных способах бурения и эксплуатации нефтегазоносных скважин в море не удается

полностью исключить поступления в окружающую среду нефтепродуктов, буровых растворов, шламов и других сопутствующих загрязнителей. При сбросе отработанных буровых растворов и шламов вокруг буровой создается область повышенной мутности, представляющая определенную экологическую опасность. Наибольшее число опубликованных работ посвящено воздействию сырой нефти на организмы различных видов и экологических групп Каспийского моря. Показано, в частности, что устойчивость организмов к токсическому воздействию нефти зависит от их таксономической принадлежности и стадии развития, концентрации углеводородов, продолжительности воздействия и его сочетания с другими факторами и условиями среды [Дохолян, Шлейфер и др., 1980; Коваленко, Курапов и др., 1999; Костров, Магомедов и др., 1999].

Оценка токсичности вод в районе участка, отведенного для поискового бурения, свидетельствует, что в целом исследуемая акватория благоприятна для жизнедеятельности зоопланктона. Однако вблизи буровых и в районе о. Чечень процент гибели тест-объектов достигал 30-40%, что свидетельствует о повышенном содержании загрязняющих веществ в морской воде. Просмотр погибших особей выявил налипание микрочастиц на теле рачков, особенно сильное при концентрации нефти 2,0 г/л. Увеличение в среде обитания количества взвешенных частиц приводит к физическому повреждению органов фильтрации, питания и дыхания зоопланктона [Горбунова, Костров и др., 2001].

Фитопланктон на исследуемых нефтяных структурах не подвергался токсическому воздействию [Гаранина, Курапов и др., 2001]. Показатель чистой продукции водорослей мало отличался от контрольного (снижение в пределах 10-17%), а в некоторых пробах воды отмечено превышение контрольного результата на 10-15%. Этой характеристике отвечали пробы воды и грунтов, отобранные с поверхностных и придонных частей моря.

Исследования токсичности каспийской нефти для некоторых видов зоопланктона [Иванов, Сокольский, 2000] показали, что для личинок копепод недействующая концентрация составляет 0.01 мг/л, а концентрация, вызывающая полную гибель в течение 4 суток - 10 мг/л. Чувствительность взрослых веслоногих рачков различается у разных видов. Так недействующие концентрации составляют для рачков *Eurytemora affinis* 0.8 мг/л, для *Calanipeda aquae dulcis* - 0.1 мг/л, для *E. grimmi* - 0.001 мг/л. Повышение концентраций до 1 мг/л вызывает гибель 50% особей *E. affinis*, а до 10 мг/л - 100% гибель особей *E. grimmi*.

Нефтедобыча опасна для всех видов зообентоса, составляющих донные сообщества Каспия. Ввиду специфики своей биологии [Ива-

нов, 2000] эта группа организмов может оказаться наиболее уязвимой при разработке шельфа Северного Каспия. Данные лабораторных исследований влияния каспийской нефти на наиболее массовые виды каспийских моллюсков и червей [Иванов, Сокольский, 2000] показывают, что недействующие концентрации для малощетинковых и многощетинковых червей оказались одинаковыми и составили 0.5 мг/л. В то же время концентрация в 3 мг/л уже вызвала гибель 50% особей нереиса. Для моллюсков (*Abra ovata*, *Mytilaster lineatus*, *Didacna trigonoides*) недействующая концентрация составляет 0.01 мг/л, а повышение концентрации до 1 мг/л вызывает острое отравление и 100% гибель.

Минимальное содержание ароматических углеводородов (10%) отмечено в каспийских бычках, максимальное (27-32%) - в печени и гонадах осетровых рыб и каспийском тюлене. На летний период приходится пик содержания ароматических углеводородов. Только летом на границе со Средним Каспием, в зоне проведения в 1999 г. разведочных работ, зафиксировано максимальное количество ароматических углеводородов - до 33,6 мкг/кг в бычках при содержании нефтепродуктов в воде в пределах 46 ПДК (так как ареалы обитания каспийских бычков локальны, в плане накопления ароматических углеводородов они более показательны). Долгоживущие осетровые и тюлени находятся в предстрессовом состоянии, так как у них нарушена воспроизводительная функция. Только у 50% стада осетра и севрюги и у 15% белуги Северного Каспия возможно нормальное созревание гонад. Сопоставление данных по нефтяному загрязнению окружающей среды и гидробионтов позволяет выделить как наиболее неблагоприятные западную и центральную части Северного Каспия. Все это говорит о том, что в местах нагула осетровых и непосредственно в точках отбора проб имелись области локального нефтяного загрязнения [Катунин, Курочкина и др., 2000].

Экспериментальные исследования 1999 г., проводившиеся на сеголетках осетра показали, что при всех концентрациях сырой нефти наблюдалось изменение гематологических показателей. Отмечалась анемия у рыб, находившихся в среде, где присутствовала нефть. Более выраженный токсический эффект проявлялся при концентрациях 2,5 – 10,0 мг/л [Костров, Горбунова и др., 2000]. Действие нефти также проявляется в нарушении частоты дыхания и ритма сердечных сокращений у молоди осетровых рыб [Крючков, 1989а]. Материалы более ранних исследований указывают на то, что концентрация сырой нефти 50 мг/л у осетровых вызывает значительные изменения в функциях головного мозга, в том числе поражение нейронов промежуточного мозга, что отражается на их поведенческих и

ориентационных реакциях [Гасанов, Алиева и др., 1989]. Изучение влияния различных концентраций сырой нефти на двигательную активность осетровых рыб показало на угнетающее действие хронического нефтяного загрязнения на двигательную систему молоди персидского осетра [Крючков, 1989б]. Сочетание нефтяного загрязнения с другими загрязняющими веществами приводит к усилению воздействия, в частности эффект совместного действия ДДТ и нефти во много раз превосходит их раздельное действие [Гераскин, Металлов и др., 2005].

В целом, степень токсичности нефти и ее производных для того или иного организма определяется ее концентрацией и продолжительностью воздействия, а также от вида самой нефти. Исследования, проведенные в районах месторождений северной части Каспийского моря и в лабораторных условиях, позволяют говорить о том, что процесс нефтедобычи уже сейчас приводит к необратимым негативным последствиям для экосистемы Каспия. Возможность быстрого распространения нефти по акватории Каспия обуславливает вероятность кратковременного контакта с ней морских организмов, после чего они вновь попадут в относительно чистую воду. Подобные случаи кратковременного действия нефти на гидробионтов и последующей их гибели уже в чистой морской воде весьма часты в природе. При перемещении нефти течениями вместе с загрязненными водами могут передвигаться и гидробионты (например, планктон) и тогда компоненты нефти будут оказывать длительное воздействие на организмы. Последствия нефтяной интоксикации при длительном систематическом воздействии малых доз могут сказаться через несколько поколений. Опытным путем получить такие данные трудно, особенно для организмов с длительным жизненным циклом, например рыб или тюленя [Иванов, Сокольский, 2000].

Несомненно, что долгосрочные прогнозы должны строиться только на длительных исследованиях воздействия загрязнения на организмы всех трофических звеньев экосистемы. Материалы свидетельствуют, что малые уровни загрязнения морской воды губительны для гидробионтов в основном на ранних стадиях онтогенеза, а быстрого и массового вымирания взрослых организмов не вызывают. Однако постепенное воздействие на пополнение популяций может привести к нежелательным явлениям в ближайшем будущем. Наименьшей устойчивостью к воздействию загрязняющих веществ характеризуются мелкие виды и формы гидробионтов, средние размеры которых составляют менее 1мм [Миронов, 1972]. В эту группу входят массовые виды фитопланктона, микрозоопланктонные фильтраторы, а также нектон, планктон и бентос на эмбриональных и постэмбри-

ональных стадиях развития [Патин, 1997]. Именно эти компоненты биоценозов, обладающие высокой аккумулярующей способностью по отношению к микропримесям среды, отличаются повышенной чувствительностью [Израэль, Цыбань, 1989] к действию загрязняющих веществ в море.

Усовершенствование технологий газо- и нефтедобычи, системы мониторинга, прогнозирования и моделирования аварийных ситуаций, контроля и анализа гидрометеорологических, гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и других показателей состояния окружающей среды позволяют предположить, что риск возникновения внештатной ситуации при эксплуатации нефтегазовых месторождений Северного Каспия сведен к минимуму. Однако история знает немало примеров, когда на завершающей стадии бурения происходил внезапный выброс нефти, который приводил к серьезному загрязнению.

При использовании ресурсов шельфовой газо- и нефтедобывающей платформы рассматривают такие факторы как местоположение, расстояние от берега, глубину, тип биологического сообщества, которые оказывают серьезное влияние на разложение углеводородов, попавших в воды. Температура – основной фактор, обуславливающий период распада нефти в морской воде. Установлено, что при температуре воды 0-9, 18 и 25-30°C период полураспада нефти равен соответственно 1000, 456 и 192 часам. Изменение температуры на 1°C изменяет период полураспада на 40 часов. Например, в Каспийском море понижение температуры на 10°C удлиняет период полураспада растворимых форм нефти в два раза [Патин, 1997]. Поэтому аварийные разливы нефти в северных широтах приводят к более серьезным последствиям, чем в Мексиканском заливе, где среднегодовая температура воды составляет 22-25° С.

### **5.3. Мировой опыт использования платформенных структур**

В США при мысли о платформах, прежде всего на ум приходит рыбная ловля, так как платформы обеспечивают среду обитания для многих видов, имеющих прямую коммерческую ценность. Это свойство используется во многих других странах мира, где для увеличения лова устанавливают искусственные рифы или плавающие плоты [Gallaway, Martin, 1980]. На севере же Мексиканского залива устанавливать такие структуры не имеет смысла, так как их функцию превосходно выполняют платформы. Платформы незаменимы для коммерческих фирм и рыболовов - спортсменов, потому что лов рыбы там лучше, чем на мягких грунтах. В районе Хьюстон - Галвестон в С-З части Мексиканского

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

залива 50% всего оффшорного регионального коммерческого рыболовства непосредственно связано с нефтяными и газовыми платформами. Для этого рыбаки пожертвовали в местный бюджет более пяти миллионов долларов. Помимо рыбной ловли платформы в США обеспечивают отдых спортсменам (для плавания и прыжков в воду) и аквалангистам (для подводной охоты).

В Мексиканском заливе биологи используют платформы для научных исследований, связанных с практическим применением «теории островов», суть которых состоит в экспансии сообществ, изолированных друг от друга географическими барьерами. Проблема состоит в том, что естественная среда обитания многих редких или исчезающих видов быстро изменяется в результате антропогенного воздействия. Если платформы окружены мягкими грунтами, то их присутствие может изменить облик местной фауны в пределах их непосредственной близости, но эти изменения следует рассматривать как незначительные, так как много мягких грунтов, как правило, остаются свободными от платформ. Их можно рассматривать как острова с различными степенями изолированности в зависимости от размера и расстояния от других «островов». Например, планктонные личинки многих видов пребывают в толще воды ограниченное время, после чего они должны осесть на твердый субстрат и вести прикрепленный образ жизни. Нефтяные платформы в этом случае действуют как перевалочные базы, служа убежищами для таких организмов, которые, не будь платформенных структур, не могли бы распространиться в Мексиканском заливе [Gallaway, 1981]. Своевременное обнаружение соответствующей среды обитания является критическим для этих организмов: средиземноморский усоногий рак *Barnacle* распространился в Мексиканском заливе только в последние годы, благодаря увеличению площадей твердого субстрата, обеспеченного платформами. Изобилие платформ в Мексиканском заливе, где преобладают мягкие грунты, обеспечивает большие возможности расселения для таких организмов. Таким образом, исследование эффектов островов расширяет наши познания о полуизолированных сообществах и колониях в морских экосистемах.

Поскольку первые поселенцы являются случайными и потому, как они могут монополизировать местообитания, различия между платформами и частями платформ представляют беспрецедентные возможности для того, чтобы изучить процесс обрастания в морских экосистемах. В дополнение к изучению теории островов и процесса основания поселений типа рифовых зон, платформы весьма комфортны для прочих морских научных исследований. Они расположены в различных акваториях, часто имеют полные средства обслуживания,

но не имеют некоторых из очевидных неудобств, характерных для научно-исследовательских судов: ограниченную электрическую мощность, тесные каюты, недостаточное палубное пространство и качку, приводящую к морской болезни. При таких условиях возможности ученых ограничены только воображением и финансированием. Сбор планктона с платформ осуществляется насосами или сетями, расставленными против течений, а сбор бентоса на мелководье - в хорошую погоду с лодок или небольших спущенных с платформ судов.

В среднем эксплуатация платформы продолжается 40 лет. Как только срок эксплуатации истекает, оффшорная нефтяная кампания получает уведомление с требованием демонтировать платформу. Мало того, что при этом теряются ценные биологические ресурсы, стоимость демонтажа может достигнуть несколько миллионов долларов. Экологические и экономические последствия удаления всех или большинства платформ из Мексиканского залива не известны, но американские ученые полагают, что эти действия крайне вредны. Выгоднее покинуть платформу и разрешить использовать ее для других целей. Известны случаи, когда нефтяные кампании пожертвовали платформы государству для использования в качестве искусственного рифа. Очевидно, что коммерческие структуры сотрудничают лицами, желающими принять в собственность устаревшие оффшорные структуры и отвечать за их поддержание.

Несмотря на то, что без дорогого обслуживания заброшенные платформы могут быстро разрушиться, стать опасными для судоходства и т.д., они действительно представляют собой острова с типично рифовыми экосистемами, которые увеличивают продуктивность акватории. Эти структуры служат в США базой для развития регионального рыболовства и рекреации, постоянно увеличивается их экономическая ценность, не принимая во внимание качество мяса пойманной рыбы, которая, по данным российских ученых может быть опасна для здоровья, так как содержит высокие концентрации канцерогенных веществ. По мнению американских экспертов, должна быть признана ценность нефтяных платформ. Посчитано, что к 2020 г. в Мексиканском заливе закончится срок промышленной эксплуатации около 3100 оффшорных нефтяных платформ, поэтому предполагается провести крупномасштабные исследования экологических, социальных и экономических последствий их демонтажа [Islands of Life, 2002].

### 5.4. Оценка ресурсного потенциала подводных ландшафтов Северного региона Каспийского моря

Цель исследования заключалась в определении природно-ресурсного потенциала каждого донного природного комплекса (ДПК) ранга ландшафта акватории Северного Каспия с учетом повышения антропогенной нагрузки в результате освоения морских нефтегазовых месторождений.

Изучая гидробионтов южных морей СССР, С.А. Зернов [1949] отмечал, что условия, благоприятные для промысловых рыб, как правило, благоприятны и для всего биоценоза, поэтому далее под определением природно-ресурсного потенциала ДПК северной части Каспийского моря понимается набор природных свойств ДПК, определяющих степень его пригодности для благополучного существования популяции осетровых рыб, находящихся на верхнем уровне трофической цепи данной экосистемы.

На первом этапе изучения природно-ресурсного потенциала Северного региона Каспийского моря было проведено морское ландшафтное районирование исследуемой акватории (глава II). На следующем этапе был отобран ряд показателей (*табл. 5.1, графы 2-13*), определяющих использование осетровыми рыбами акватории исследуемого региона.

При оценке вклада первых пяти показателей по результатам учетных траловых съемок оценивалась частота встречаемости русского осетра, белуги, шипа, персидского осетра и севрюги в пределах каждого выделенного ДПК, количество присвоенных баллов зависело от результативности траления (экз./трал.) [Ким, Бокова, 2000] (*табл. 5.1, графы 2-6*). Количество баллов, присвоенных ДПК для следующих шести показателей (*табл. 5.1, графы 7-12*) указывают на наличие (1 балл) или отсутствие (0 баллов) в пределах каждого ДПК миграционных путей, летних и зимних плотностных скоплений, районов распределения осетровых рыб в летний и зимний период [Каспийское море..., 1996]. Данные по показателю «нерестилища» (*табл. 5.1, графа 13*), получены на основании отчета о результатах Всекаспийской морской экспедиции [Отчет о результатах..., 2001]. С его помощью оценивалась степень использования осетровыми рыбами нерестилищ крупных рек, впадающих в Каспийское море. Каждому природному комплексу устьевых областей рек Волга, Урал, Терек и Сулак присваивалось определенное количество баллов, указывающее на количество видов осетровых рыб, использующих данные ДПК для захода на нерест.

Подсчет количества баллов, полученных для каждого из 22-х выделенных ДПК, позволил определить степень освоения и использования ДПК осетровыми рыбами и провести расчет природно-ресурсного потенциала по следующим четырем категориям: 1-5 баллов - ДПК с низким природно-ресурсным потенциалом; 6-10 баллов — ДПК со средним природно-ресурсным потенциалом; 10-15 баллов — ДПК с высоким природно-ресурсным потенциалом; 15-20 баллов — ДПК с максимальным природно-ресурсным потенциалом.

Антропогенное загрязнение Каспийского моря является наиболее существенным фактором уменьшения биоразнообразия водоема, особенно, с учетом развития нефтегазовой отрасли во всем Каспийском регионе.

В настоящее время есть прогнозы возможного негативного воздействия нефтедобычи на экосистемы Каспийского моря, которые еще до широкомасштабных работ по освоению нефтяных месторождений испытывали сильную антропогенную нагрузку. Потенциальные источники загрязнения — это не только добыча нефти и газа, но также транспортировка, обработка, деятельность сопутствующих отраслей, аварийные выбросы, затопление ликвидированных скважин. Принимая во внимание значительные и неизбежные риски, сопутствующие морской нефтедобыче, необходимо учитывать, что освоение морских нефтегазовых месторождений региона влечет за собой повышение антропогенной нагрузки и, как следствие, нарушение устойчивости подводных ландшафтов северной части Каспийского моря.

# ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

**Таблица 5.1.** Природно-ресурсный потенциал ДПК исследуемой акватории и оценка вероятного антропогенного воздействия на них при развитии добычи углеводородного сырья

| Показатель | Встречаемость осетровых рыб |        |     |                  |         | Распределение по акваторий миграционные пути осетровых рыб |                           |                                  |                                  |                              |                              | Частный природный ресурсный потенциал (балл): | ДПК, в пределах которых разведаны месторождения углеводородного сырья | ДПК, в пределах которых идет разведка и разработка месторождений углеводородов | ДПК, в пределах которых регистрируется повышенный уровень антропогенного загрязнения вод | Степень антропогенного воздействия на ДПК* |                  |
|------------|-----------------------------|--------|-----|------------------|---------|--|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|---|--|--|--|------------------|
|            | Русский осетр               | Белуга | Шип | Персидский осетр | Севрюга | Весенние миграционные пути                                 | Осенние миграционные пути | Распределение по акватории летом | Распределение по акватории зимой | Летние плотностные скопления | Зимние плотностные скопления |   |   |  |  |  | Проход на нерест |
| ДПК        | 2                           | 3      | 4   | 5                | 6       | 7  | 8                         | 9                                | 10                               | 11                           | 12                           | 13  | 14  | 15   | 16   | 17   | 18               |
| 1          | 2                           | 3      | 4   | 5                | 6       | 7  | 8                         | 9                                | 10                               | 11                           | 12                           | 13  | 14  | 15   | 16   | 17   | 18               |
| П1А1       | 5                           | 2      | 1   | 1                | 4       | 1  | 0                         | 1                                | 0                                | 0                            | 0                            | 5   | 20  | +  |  | +  | В                |
| П1А2       | 5                           | 2      | 1   | 1                | 4       | 1  | 0                         | 1                                | 0                                | 0                            | 0                            | 5   | 20  | +  |  | +  | В                |
| П1а1       | 0                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 0  | 1                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 2   | 4   |  |  | +  | С                |
| П1а2       | 1                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 1                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 3   | 7   |  |  | +  | С                |
| П1а3       | 3                           | 0      | 0   | 0                | 0       | 1  | 0                         | 1                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 5   |  |  | +  | С                |
| П1а4       | 2                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 4   |  |  | +  | С                |
| П1а5       | 2                           | 1      | 0   | 0                | 1       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 5   |  |  | +  | С                |
| П1а6       | 1                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 3   |  |  | +  | С                |
| П1б1       | 0                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 2   |  |  |  | Н                |
| П1б2       | 1                           | 0      | 0   | 0                | 0       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 2   | +  |  |  | С                |
| П1б3       | 1                           | 0      | 2   | 0                | 2       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 4   | 10  |  |  | +  | С                |
| П1в1       | 0                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 2   | +  | +  | +  | ОВ               |
| П1в2       | 0                           | 0      | 1   | 0                | 0       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 2   |  |  |  | Н                |
| П1в3       | 1                           | 0      | 0   | 0                | 0       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 2   |  |  |  | Н                |
| П1в4       | 0                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 1                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 4   | +  |  |  | С                |
| П2б1       | 5                           | 3      | 0   | 2                | 2       | 1  | 1                         | 0                                | 0                                | 1                            | 0                            | 0   | 15  | +  | +  | +  | ОВ               |
| П2б2       | 5                           | 3      | 0   | 2                | 2       | 1  | 1                         | 0                                | 0                                | 1                            | 0                            | 0   | 15  | +  | +  | +  | ОВ               |
| П2а1       | 1                           | 2      | 0   | 0                | 0       | 1  | 0                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 4   | +  |  |  | С                |
| П2а2       | 3                           | 2      | 2   | 1                | 2       | 1  | 1                         | 1                                | 0                                | 1                            | 0                            | 0   | 14  | +  | +  |  | В                |
| П1а1       | 2                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 1                         | 0                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 5   | +  | +  | +  | ОВ               |
| П1а2       | 2                           | 2      | 0   | 0                | 1       | 1  | 1                         | 1                                | 0                                | 1                            | 0                            | 0   | 9   |  |  | +  | С                |
| П1а3       | 1                           | 0      | 0   | 0                | 1       | 1  | 1                         | 1                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 5   | +  |  |  | С                |
| П2а1       | 2                           | 0      | 0   | 0                | 0       | 1  | 1                         | 1                                | 0                                | 0                            | 0                            | 0   | 5   | +  | +  |  | В                |
| П2а2       | 2                           | 2      | 0   | 0                | 1       | 1  | 1                         | 1                                | 0                                | 1                            | 1                            | 0   | 11  | +  |  |  | С                |

\*Степень антропогенного воздействия на ДПК: ОВ – очень высокая, В – высокая, С – средняя, Н – низкая.

При этом, учитывались такие факторы, как степень разведки, освоения потенциальных и уже действующих месторождений нефти и газа, а также существующего уровня антропогенного загрязнения вод (*табл. 5.1, графы 15-17*). Эти факторы позволяют перейти к количественной оценке воздействия нефтедобычи на природные комплексы, для чего рассматриваемым показателям присваиваются баллы, количество которых зависит от наличия или отсутствия рассматриваемого явления в их пределах. Результаты оценки ряда факторов, обуславливающих уровень уязвимости подводных ландшафтов района исследования показали, что степень уязвимости ДПК при существующем в настоящее время уровне эксплуатации месторождений нефти и газа может быть условно разделена на четыре категории: низкая (отсутствует - 0 баллов), средняя (1 балл), высокая (2 балла) и очень высокая (3 балла).

Первую, самую многочисленную группу, составили ДПК, относительно мало используемые осетровыми рыбами и обладающие довольно низким (1-5 баллов) природно-ресурсным потенциалом (*рис. 5.4*). В группу вошли практически все ДПК ранга ландшафта, входящие в состав Северокаспийской прибрежной подобласти (за исключением ДПК устьевых областей крупных рек), ДПК Урало-Эмбенской равнины, входящей в состав Северокаспийской приглубой подобласти, а также часть донных природных комплексов ранга ландшафта Среднекаспийской области (*табл. 5.1*).

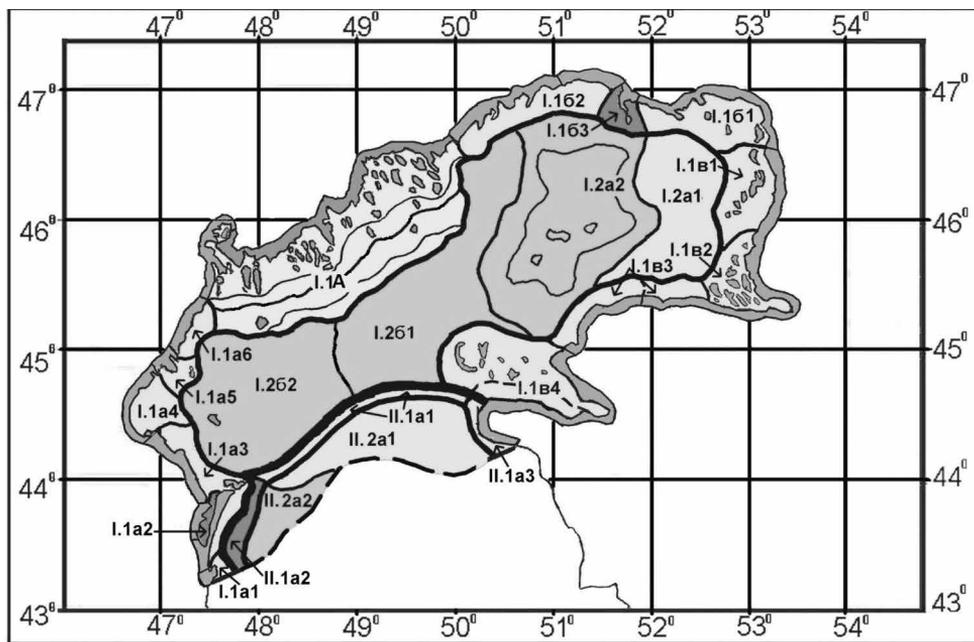
Для акваторий, занимаемых ДПК №№ I.1a1, I.1a3, I.1a4, I.1a5, I.1a6, I.1b2, I.2a1, II.1a1, II.1a3 характерны нестабильные гидрологические условия, небольшие глубины, высока степень заиленности донных отложений [Состояние и сохранение..., 2000].

Основу бентосных сообществ составляют зарывающиеся или живущие на поверхности фильтраторы: моллюски и ракообразные, биомасса кормовых ресурсов (*Abra ovata*, *Nereis*) осетровых невелика, так как *Abra ovata*, например, чаще заселяет более глубоководные участки свыше 6 м [Ким, Бокова, 2000], а основные миграционные пути осетровых проходят мористее (*рис. 1.24*). Степень антропогенного воздействия на данные ДПК характеризуется как «средняя», что связано с повышенным уровнем загрязнения вод.

Количество разрабатываемых месторождений нефти и газа невелико, в ряде ДПК ведется разведка новых месторождений. Подводные ландшафты крайней восточной части прибрежной подобласти Северокаспийской области (ДПК №№ I.1b1, I.1b1, I.1b2, I.1b3, I.1b4) удалены от устьев крупных рек, основные кормовые объекты осетровых распределены неравномерно, хотя и обладают высокой биомассой. Для нагула осетровые предпочитают районы с большими глубинами. Акватории ДПК используются осетровыми рыбами при совершении весенних и

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

осенних миграций [Биологическая продуктивность..., 1974]. Освоения ДПК для нужд нефтегазодобывающей отрасли ведется неравномерно и колеблется от «низкой» до «очень высокой», перспективным для развития нефтегазодобычи является ДПК I.1в1.



Условные знаки: природно-ресурсный потенциал (ПРП) ДПК Северного региона Каспийского моря

|              |              |              |         |            |         |           |        |
|--------------|--------------|--------------|---------|------------|---------|-----------|--------|
|              | максимальный |              | высокий |            | средний |           | низкий |
| 15-20 баллов |              | 10-14 баллов |         | 5-9 баллов |         | 1-4 балла |        |

Выделенные ДПК аналогичны представленным в легенде к картосхеме 1.3.

**Рис. 5.4. Картосхема природно-ресурсного потенциала ДПК исследуемого региона Каспийского моря**

Во вторую группу вошли ДПК, обладающие средним (от 6 до 10 баллов) частным природно-ресурсным потенциалом – ДПК устьевых областей рек Терека (I.1a2) и Урала (I.163), а также ДПК прибрежной зоны абразионной террасы Северо-Кавказского предгорья (II.1a2) Среднекаспийской области (рис. 1.24, 5.5, табл. 5.1). Данные ДПК активно используются осетровыми для захода на нерест, при сезонных миграциях, в пределах ДПК II.1a2 разнообразные и благоприятные условия для развития донных биоценозов *Abra ovata* и *Nereis* с высокой биомассой, структура донных сообществ представлена сочетанием практически всех трофических групп [Биологические основы..., 1979;

Осетровые..., 1999; Состояние и сохранение..., 2000]. Антропогенное воздействие на ДПК оценивается как «среднее», в основном за счет загрязнения вод в устьевых областях рек.

В третью группу также вошли три ДПК, обладающие достаточно высоким частным природно-ресурсным потенциалом - Волго-Каспийская равнина (ДПК I.2a1 - 15 баллов), Уральская Бороздина (ДПК I.2a2 - 14 баллов), находящиеся в пределах Северокаспийской области и ДПК подводного склона Северо-Кавказского предгорья Среднекаспийской области (II.2a2 - 11 баллов) (рис. 1.24, 5.4, табл. 4.1). ДПК I.2б отличается разнообразием донных осадков, зообентос представлен сообществами с доминирующими видами всех трофических групп. Распределение донных беспозвоночных в значительной мере определяется соленостью, биомасса форм средиземноморского комплекса увеличивается с севера на юг и с глубиной. Около половины биомассы моллюсков определяет один вид: *Abra ovata* [Ким, Бокова, 2000; Касымов, Аскеров, 2001]. ДПК I.2a2 отличается высокой степенью биологического разнообразия макроводорослей, фитопланктона, бентоса и является местом зимовального скопления осетровых рыб.

Большая часть макрозообентоса является ценными кормовыми объектами для осетровых рыб – черви-полихеты *Nereis*, *Ampharetidae*, ракообразные *Gammaridae*, *Corophiidae*, *Cumacea*, моллюски *Abra*, *Dreissena*, *Hupanis* [Осетровые..., 1999; Состояние и сохранение..., 2000; Кушнаренко, 2003]. В макрозообентосе ДПК II.2a2 широко представлены виды автохтонного комплекса в основном ракообразные (71 вид) и моллюски (53 вида). Важная роль в формировании биомассы зообентоса принадлежит моллюскам – до 85% биомассы, а также червям – до 11% от общей массы беспозвоночных. Летом основной вклад в формирование биомассы принадлежит моллюскам – 75%, биомасса - до 21,8 г/м<sup>2</sup>. Основная масса моллюсков приходится на глубины от 20 до 50 м (биомасса до 26,2 г/м<sup>2</sup>) [Биологическая продуктивность..., 1974; Научные основы..., 1998]. В пределах ДПК проходит нагул осетровых, через его акваторию пролегают их миграционные пути [Каспийское море..., 1996; Отчет о результатах..., 2001].

Несмотря на то, что ДПК Волго-Каспийской равнины испытывает большие нагрузки при разработке месторождений нефти и газа, здесь расположены самые богатые кормовые угодья, осетровые используют его ресурсы для нагула не только в летний, но и в зимний период, по этой акватории проходят их миграционные пути. В пределах Уральской Бороздины ведется активная разведка новых месторождений нефти и газа, их промышленное освоение может нанести ущерб биологическим ресурсам данного ДПК. Освоение ДПК материкового склона Северо-Кавказского предгорья для нужд нефтедобывающей отрасли только начинается.

## **ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

Ведущее место в формировании запасов осетровых принадлежит ДПК I.161, так именно там происходит нагул их молоди перед дальнейшим скастом в море, в р. Волге проходит естественный нерест, выше по течению функционируют рыболовные заводы по искусственному воспроизводству осетровых.

Малые глубины обеспечивают хороший прогрев водных масс, поступление биогенных веществ со стоком способствует обильному развитию зоопланктона — основного пищевого ресурса молоди осетровых, небольшая соленость вод и преимущественно песчано-глинистые, галечно-песчано-глинистые отложения способствуют формированию донных биоценозов, активно используемых молодь и взрослыми осетровыми рыбами. Антропогенная нагрузка на ДПК Волжской аккумулятивной дельтовой равнины определена как «высокая» за счет поступления загрязняющих веществ с речным стоком и наличия разведанных месторождений нефти и газа.

Результаты оценки природно-ресурсного потенциала подводных ландшафтов Северного Каспия [Малашенков, 2011] позволили провести их ранжирование по уровню природоохранной деятельности. Проведенные расчеты позволили сгруппировать ДПК по четырем категориям в зависимости от степени использования ресурсов каждого осетровыми рыбами. Наиболее важными для стабильного существования осетровых рыб являются ДПК устьевых областей рек. Предложенный метод оценки природно-ресурсного потенциала позволил планировать природоохранную деятельность, руководствуясь при этом следующим принципом: чем выше частный природно-ресурсный потенциал - тем строже должны быть природоохранные требования.

### **5.5. Расширение сети особо охраняемых природных акваторий в целях восстановления деградированных подводных ландшафтов Северного региона Каспийского моря**

Существует множество путей устойчивого использования ресурсов прибрежных территорий и морских акваторий, одним из которых является учреждение и эффективное управление морскими заповедниками — особо охраняемыми природными акваториями (ООПА), которые являются объектами особого управления для защиты видов, популяций, их местообитаний и морской экосистемы в целом. В законодательстве Российской Федерации особо охраняемые водные объекты - природные водные экосистемы, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение [Водный кодекс РФ, 2006].

Целью данного раздела является развитие методологии по обоснованию размещения особо охраняемых природных акваторий (ООПА) Северного региона Каспийского моря, исходя из анализа картосхемы современных ДПК (*рис. 2.3*), выявленных особенностей их функционирования (см. главу II), их изменений за прошедшие 80 лет (см. главу III), и природно-ресурсного потенциала (см. раздел 5.4).

Повтоим, что согласно утверждению С.А. Зернова [1949], «... условия, благоприятные для ценных и наиболее чувствительных видов промысловых рыб, как правило, благоприятны и для всего биоценоза», нами одним из важнейших показателей стабильного состояния ДПК исследуемой акватории принимаются гидроэкологические условия, благоприятные для существования популяции осетровых рыб на протяжении всего их жизненного цикла, которые являются долгоживущими ценными промысловыми рыбами, находящимися на верхнем уровне водной трофической цепи экосистемы Каспийского моря, и, которые, в настоящее время испытывают сильное антропогенное воздействие (см. раздел 5.2). Системный подход в экологическом резервировании в настоящее время заключается в формировании локальных, региональных и глобальных экологических сетей, позволяющих поддержать биопродуктивность, а также сохранить ландшафтное и биологическое разнообразие.

Небольшие изолированные природные сообщества обречены на неизбежную деградацию [McArdle, 1997], поэтому для длительного существования они должны быть связаны между собой экологическими коридорами, образуя целостный экологический каркас [Реймерс, Штильмарк, 1978; Соболев, 1999 и др.]. Эффективная защита на основе заповедания посредством организации морской экологической сети поддерживает здоровые и продуктивные экосистемы.

В рамках системного подхода экологического резервирования, основанного на международном опыте, сеть ООПА физико-географической страны состоит из следующих элементов: ключевые природоохранные акватории (заповедные ядра), транзитные акватории, буферные защитные акватории, восстановительные акватории [Митина. Чуприна, 2012].

В связи с вышеизложенным, в Северном регионе Каспийского моря, с целью сохранения имеющихся и восстановления деградированных видов, популяций, биоценозов должен быть сформирован адекватный местным условиям «экологический каркас устойчивости», состоящий из взаимосвязанных пространственно-функциональных природоохранных элементов - ключевых, транзитных, буферных и восстановительных ООПА (*табл. 5.2*), выделенных на основе районирования и картографирования подводных ландшафтов, а также и оценки их природно-ресурсного потенциала (*рис. 5.4*).

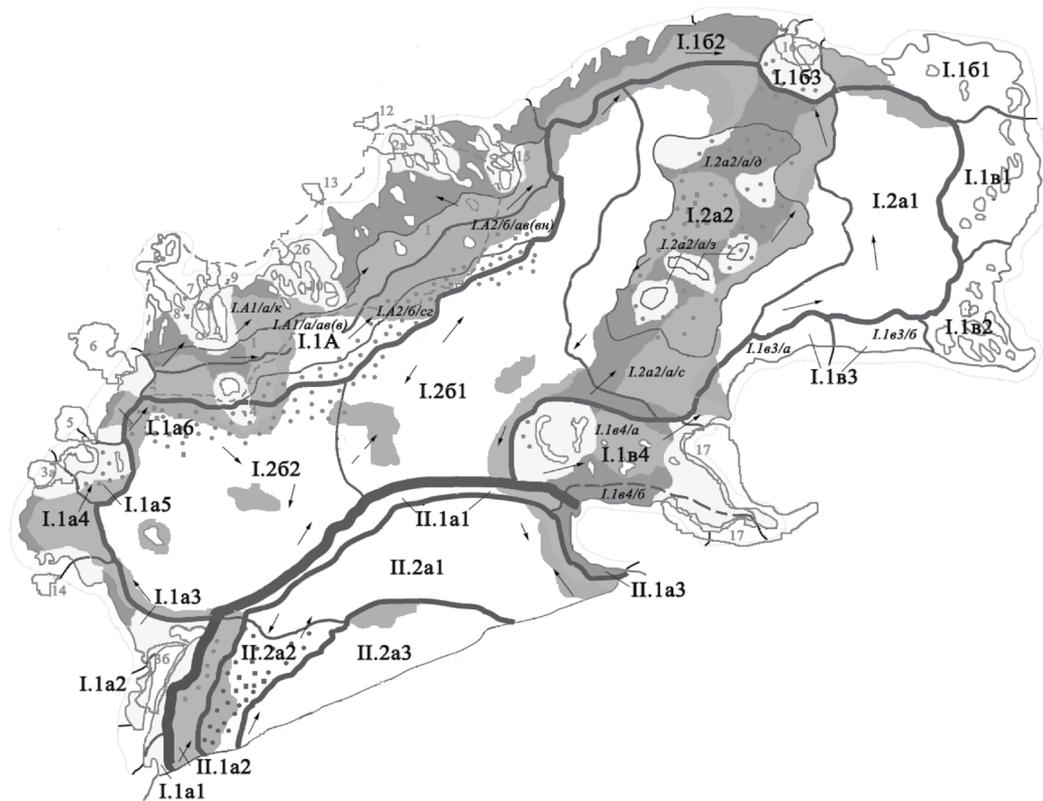
Заповедные ядра – территории строгой защиты – **Ключевые Природные Территории/Акватории (КПТ/А)** - непосредственно обеспечивающие поддержание экологического баланса, сохранение природных комплексов и их компонентов, биологического разнообразия. КПТ/А (по отдельности или в совокупности) должны содержать необходимый набор полноценных природных сообществ для нормального функционирования экосистемы. На основании физико-географического ландшафтного районирования предлагаются следующие КПА для Каспийской физико-географической страны:

- устьевые области рек, система река-берег-море как особый географический объект – пресноводно-морской экотон, охватывающий ДПК впадения реки в приемный водоем, обладающий специфическим строением, ландшафтом и режимом, как зоны скопления морских и речных организмов, находящихся на ранних стадиях развития, которые по достижении определенного возраста распространяются на обширные акватории моря и речных бассейнов. Устьевые области крупных ценных в хозяйственном плане рек (Волга, Урал и др.), в наибольшей степени испытывают влияние загрязняющих веществ. По этому, при выборе акваторий для создания морских заповедников и других ООПА, следует также ориентироваться на мелководные ДПК, в которые впадают небольшие водотоки с незагрязненным стоком. Такими территориями/акваториями являются подводные продолжения расположенных по берегам морей уже существующих наземных заповедных территорий (*рис. 5.5*) и/или территорий с водосборами входящих в их состав малых рек, впадающих в море. На настоящем этапе невозможно заповедать водосбор крупной речной системы с расположенными на ней десятками городов, промышленных предприятий и сельскохозяйственных комбинатов. Малые реки и ручьи с незагрязненным стоком в совокупности могут выполнить уникальную биосферную роль поддержания водных экосистем в состоянии устойчивости [Митина, 2005].

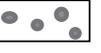
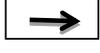
**Таблица 5.2.** Элементы «экологического каркаса» особо охраняемых природных акваторий

| Тип акватории                                  | Цель выделения   | Критерий выделения границ  | Режим использования   |
|--|--|--|---|
| I<br>Ключевые природо-охранные акватории (КПА) | Сохранение редких, уникальных исчезающих видов и объектов природной среды  | Естественное распространение ДПК с учетом буферной защиты                      | Строгая охрана; Антропогенное использование обычно отсутствует или строго контролируется; Возможно проведение исследований и экологического мониторинга |
| II<br>Буферные акватории (БА)                  | Сохранение редких, уникальных исчезающих видов и объектов природной среды  | Естественное распространение ДПК   | Сохранение природы; Регулируемые, в зависимости от состояния среды, виды деятельности   |
| III<br>Транзитные акватории (ТА)               | Сохранение природного ландшафта, типичных природных комплексов, обеспечение нормальной жизнедеятельности видов, охраняемых в КПА | Естественное распространение ДПК, связь между ключевыми ДПК экологической сети | Сохранение природы; Регулируемые, в зависимости от состояния среды, виды деятельности   |
| IV<br>Восстановительные акватории (ВА)         | Восстановление, поддержание, сохранение редких, уникальных исчезающих видов и объектов природной среды                           | Определяются в пределах распространения фоновых ДПК                            | Предотвращение и уменьшение антропогенного ущерба морской природной среде; Создание условий для восстановления объекта охраны                           |

# ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ



Легенда к картосхеме 5.5: Границы  – области;  – подобласти;  – округа;  – ландшафта;  – местности;  – урочища;  – берегов и островов;  – южная граница исследуемой акватории

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
|  |  |  |  |  |
| Границы основных ООПТ   | Ключевые природоохранные акватории (КПА)  | Буферные акватории (БА)   | Транзитные акватории (ТА)   | Восстановительные акватории (ВА)   |
|  |  |  |  |  |
| распределение осетровых зимой   | зимние плотностные скопления осетровых  | распределение осетровых летом   | летние плотностные скопления осетровых  | направления миграционных путей осетровых   |

**ДПК: Северокаспийские** – *I.1a1* Сулакская дельтовая аллювиально-аккумулятивная заболоченная равнина; *I.1a2* Терская морская аккумулятивная дельтовая равнина; *I.1a3* Терско-Сулакская морская аккумулятивная равнина междуречья; *I.1a4* Морская аккумулятивная равнина Кизлярских лиманов; *I.1a5* Кумская дельтовая аккумулятивная равнина; *I.1a6* Причерноземная морская аккумулятивная равнина; *I.1A1* Внутренне придельтовое устьевое взморье р. Волги; *I.1A2* Внешнее придельтовое устьевое взморье р. Волги; *I.1b1* Морская аккумулятивная равнина Урало-Эмбенского междуречья; *I.1b2* Морская аккумулятивная заболоченная равнина Волго-Уральского междуречья с лагунами; *I.1b3* Уральская дельтовая аллювиально-аккумулятивная равнина; *I.1в1* Прикаспийский Каракум; *I.1в2* Сор Мертвый Култук. Морская шоровая солончаковая аккумулятивная равнина; *I.1в3* Бузачи. Морская аккумулятивная равнина; *I.1в4* Мангышлакский залив; *I.2a1* Урало-Эмбенская равнина; *I.2a2* Уральская Бороздина; *I.2b1* Западная Волго-Каспийская равнина; *I.2b2* Восточная Волго-Каспийская равнина.

**Среднекаспийские** – *II.1a1* Мангышлакский порог; *II.1a2* Абразионная терраса Северо-Кавказского предгорья; *II.1a3* Денудационно-эрозионная структурная прибрежная равнина п-ова Тюб-Караган; *II.2a1* Аграханская терраса; *II.2a2* Подводный склон Северокавказского предгорья; *II.2a3* Волнистая наклонная шельфовая равнина.

**Основные особо охраняемые природные территории и акватории:** 1 – *Водно-болотное угодье «Дельта Волги»*; Астраханский государственный природный биосферный заповедник: 2а – *Дамчикский участок*; 2б – *Трехизбенский участок*; 2в – *Обжоровский участок*; Государственный природный заповедник «*Дагестанский*»: 3а – *участок «Кизлярский залив»*; 3б – *Государственный природный заказник федерального значения «Аграханский»*; 4- *памятник природы «остров Малый Жемчужный»*; 5 – *заказник «Морской Бирючок»*; 6 – *заказник «Каспийский»*; 7 – *памятник природы «нерестовый массив Эстакадный»*; 8 – *заказник «Теплушки»*; 9 - *памятник природы «Гандурунский»*; 10 - *памятник природы «Хазовский»*; 11 - *памятник природы «Староиголкинский»*; 12 - *памятник природы «нерестовый массив Калининский»*; 13 - *памятник природы «нерестовый массив Зеленгинский»*; 14 - *заказник «Тарумовский»*; 15 – *заказник «Новинский»*; 16 – *Государственный природный резерват «Акжайык»*; 17 – *Актау-Бузачинский заказник*.

**Рис. 5.5. Картосхема размещения особо охраняемых природных территорий и акваторий**

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

- ДПК, являющиеся местами преднерестового скопления осетровых рыб.
- система берег-море, испытывающая во многих частях бассейна Северного Каспия наибольший прессинг со стороны человека. Рекомендуются расширить по акватории границы существующих на берегу ООПТ, так как скопления осетровых в период нагула, как правило, приурочены к имеющимся на берегах заповедным территориям.
- деградированные ДПК, по сравнению с фоновыми [Шукин, 1971];
- ДПК местообитаний видов, занесенных в Красную Книгу;

**Транзитные акватории**, осуществляют необходимую связь между ключевыми ДПК. Одна из главных причин снижения биоразнообразия - фрагментация и изоляция мест обитания популяций и действие этого фактора на их жизнеспособность. Таким образом, решающая задача в сохранении биоразнообразия – обеспечить видовым популяциям возможности распространения, миграции и генетического обмена.

Транзитные ДПК выполняют функции экологических коридоров и представляют собой акватории, в которых обычно вводятся лишь определенные ограничения на природопользование. В результате проведенных исследований определены потенциальные ДПК, которые могут взять на себя функции транзитных акваторий для существенного укрепления природоохранного статуса Каспийской физико-географической страны (рис. 5.5).

В качестве буферных акваторий, имеющих защитную функцию ключевых и транзитных акваторий, а также рассеивающие антропогенное воздействие, предлагается заповедать периферийные части ключевых природоохранных акваторий. В некоторых случаях роль буферных зон играют транзитные заповедные акватории.

На основе анализа ДПК получено, что многие экологически значимые ДПК находятся под угрозой деградации. В связи с этим очень важна такая функциональная составляющая часть экосети как восстановительные акватории, создаваемые на тех ДПК или участках ДПК, где требуется проведение направленных мероприятий по ускорению процессов их восстановления. Восстановительные функции могут нести как целые охраняемые акватории, так и их функциональные зоны, в которых предполагается сокращение непосредственного и опосредованного антропогенного влияния, а в определенных случаях принятия особых мер по восстановлению популяции, места обитания, биоценоза, ландшафта в целом.

На основании разработанной классификации ДПК, построенной картосхемы ДПК Северного региона Каспийского моря различного иерархического уровня от физико-географической страны до ландшафта и оценки их природно-ресурсного потенциала нами предложено следующее функционально-площадное распределение её компонентов (табл. 5.2, рис. 5.5).

Невозможно заповедать весь регион Северного Каспия, поэтому площадные характеристики заповедных объектов акватории определялись в соответствии с позициями Ю. Одума [1975] и Н.Ф. Реймерса [1990]: площадь выведенных из интенсивного хозяйственного использования природных комплексов ранга ландшафт должна составлять 30-40%.

Различные способы сохранения нефтедобывающих платформ зависят от их типа, определяются их местонахождением на различных глубинах и акваториях и могут также временно консервироваться, что является первым шагом по выработке решений демонтировать ли их окончательно или сохранить. Было бы особенно эффективно разработать контроль за последствием консервации не эксплуатируемых платформ, чтобы оценить эффективность различных стратегий менеджмента. Необходимо исследования, чтобы определить местоположение и число платформ, которые должны быть сохранены, чтобы оптимизировать использование ресурсов «нефтяного рифа», рассматривая возможности проведения научных исследований и мониторинга за состоянием окружающей среды, в том числе размещения гидрометеорологических станций. Должна быть развита стандартная процедура, позволяющая передачу ответственности за структуры от частных добывающих фирм правительству, позволяя своевременно преобразовать устаревшую газо- и нефтедобывающей платформу в искусственный риф.

Исторически, приоритет в отношении размещения искусственных рифов (или в нашем случае сохранения платформ), прежде всего базировался на экономических соображениях максимизировать использование и сохранить продуктивность ценных в коммерческом отношении биологических ресурсов. В будущем, однако, экологические соображения, такие как биофильтрационная и другие способности обрастателей платформ улучшать качество вод должны будут получить приоритетные права, потому что хотя экономические и экологические факторы связаны теснейшим образом, однако безопасность и здоровье человека становится важнейшим условием экономической и коммерческой деятельности.

По нашему мнению, использование платформенных структур во время их эксплуатации и в течение ряда лет после прекращения нефтедобычи в целях рыболовства опасно, и требует тщательных дополнительных исследований тканей промысловых видов на содержание углеводородов и тяжелых металлов в конкретных природных условиях и для платформ различной длительности эксплуатации.

На местоположение и видовой состав сообществ обрастателей и привлекаемых ими рыб несомненно влияет множество взаимосвязанных экологических факторов, включая удаленность конструкций от берега, глубину, географическую широту, возраст, формирующие мутьевые потоки течения, сезонные экстремумы температуры, солено-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

сти и растворенного кислорода, первичную продукцию водных масс и т.д., поэтому изучение процесса обрастания подобных конструкций в морях Российской Федерации представляет собой огромный научный и практический интерес.

В Мексиканском заливе (по сути дела это внутреннее море) гидрологический режим, в частности водообмен, не сравним с Каспийским морем (по сути дела озером). В Мексиканском заливе выдвинутая дельта р. Миссисипи заполнила шельф, в районе нефтедобычи идет резкое нарастание глубин, в связи с этим возможности депозита твердых отходов (аллювий реки выносятся в основном на континентальный склон), выноса и разбавления загрязняющих веществ не сравнимы с режимом такого замкнутого водоема как Каспийское море. Кроме того, нефтепромыслы Мексиканского залива находятся только в северной и северо-западной его частях, рыбы и другие подвижные долгоживущие гидробионты имеют возможность уйти из опасных мест. Поэтому технологии аварийных сбросов отходов нефтепромысла в Мексиканском заливе допустимы и приносят меньший урон экосистемам залива по сравнению с Каспийским морем, где подобные способы бурения и эксплуатации нефтяных платформ не допустимы.

Лабораторные исследования воздействия отходов нефтепромысла на гидробионтов не всегда полно отражают реальное состояние природных экосистем. Гидробионты Каспийского моря еще до начала разведочного бурения в северной части Каспийского моря были подвержены длительному действию загрязняющих веществ, выносимых Волгой и приносимых течениями из районов нефте- и газодобычи Среднего и Южного Каспия. Дополнительное поступление загрязняющих веществ увеличит нагрузку на экосистему, при этом самый большой урон понесут долгоживущие осетровые и тюлени, замыкающие уникальную трофическую цепь экосистемы Каспийского моря.

Несмотря на то, что количество запасов нефти и газа на шельфе Северного Каспия оказалось меньше прогнозируемого (относительно прогнозов 90-х гг.), делаются капитальные вложения в транспортную инфраструктуру для нефтепродуктов, идет расширение сети трубопроводов. В следующие несколько десятилетий на Каспии, возможно, будет разрабатываться целый ряд месторождений, но темпы их освоения будут зависеть от экономических и геополитических условий.

Разрабатываемые в настоящее время месторождения нефти в Северном Каспии часто совпадают с местами нагула и зимовки осетровых. В этой же зоне зимой формируется ледовый покров, что усугубляет дефицит кислорода в зимовальных ямах. В случае дополнительного загрязнения усиливается риск эвтрофирования этой части водоема, что может привести к сильному кислородному голоданию осетровых и массовому замору рыб зимой<sup>7</sup>.

7 На полную минерализацию 1кг нефти расходуется кислород, содержащийся в 400 тыс.л морской воды. Для полного окисления 1 мг нефти требуется 3-4 мг

Ограничения, накладываемые на проведение морских нефтяных операций, должны носить дифференцированный характер. Основой для их введения может служить полный или частичный запрет на проведение тех или иных технологических операций. В других случаях устанавливаемые ограничения соотносятся с возможными экологическими и социально-экономическими последствиями воздействия хозяйственной деятельности (в том числе нефтегазодобычи) на природную среду моря.

Исходя из принципа «наиболее строгим природоохранным требованиям должны соответствовать ДПК с высоким частным природно-ресурсным потенциалом» можно определить ряд мер, способствующих рациональному управлению ресурсами подводных ландшафтов Каспийского моря:

1. ограничение или полный запрет на разработку и эксплуатацию минеральных ресурсов на морском шельфе в пределах высокопродуктивных участков акватории;
2. инвентаризация всех действующих и законсервированных нефтегазодобывающих скважин, регулярный мониторинг состояния качества вод, состояния грунтов, состояния бентоса и ихтиофауны в районе каждой скважины;
3. рекультивация загрязненных или нарушенных прибрежных территорий и акваторий от последствий добычи углеводородов и хозяйственно-бытовой деятельности;
4. разработка моратория на сброс в море всех видов отходов производства и потребления с морских буровых платформ. Альтернативный вариант - внедрение практики «нулевого сброса» для всех компаний, работающих на акватории Каспийского моря;
5. расширение сети морских природных резерватов (заповедников, заказников, особо охраняемых природных акваторий), в том числе выделение заповедных зон в местах нагула и размножения рыб, запрет (или ограничение) на их территории всех видов деятельности, наносящей ущерб биологическим ресурсам. Включение подводных ландшафтов в охранные зоны уже существующих заповедников, расположенных в береговой зоне;
6. запрет на проведение в высокопродуктивных устьевых областях рек геолого- и сейсморазведочных работ, разработку и добычу минерального сырья, бурение нефтяных, газовых скважин и их эксплуатацию;

---

кислорода, а для окисления 1 мл нефти - 3,3 г. При этом чем выше насыщение вод кислородом, тем активнее проходит биодеструкция нефти. Учитывая, что полное насыщение кислородом наблюдается в основном в приповерхностном микрослое, можно предполагать, что наибольшая скорость микробного окисления нефти и ее углеводородов будет на линии раздела море-воздух (Патин, 1997)

7. поддержание в рабочем состоянии существующих рыбоходных каналов в устьевых областях, сооружение каналов—рыбоходов для пропуска производителей к местам нереста;
8. при планировании размещения объектов хозяйственной инфраструктуры (прокладка нефтепроводов по дну Каспийского моря, размещение буровых установок) необходимо учитывать природно-ресурсный потенциал подводных ландшафтов, в пределах которых эти объекты будут размещены.

Результаты оценки природно-ресурсного потенциала подводных ландшафтов Северного Каспия [Малашенков, 2010] позволили провести их ранжирование по уровню заповедания. Проведенные расчеты позволили сгруппировать ДПК по четырем категориям в зависимости от степени использования ресурсов каждого осетровыми рыбами. Получено, что наиболее важными для стабильного существования осетровых рыб являются ДПК устьевых областей рек. Предложенный метод оценки природно-ресурсного потенциала позволил планировать природоохранную деятельность, руководствуясь при этом следующим принципом: чем выше частный природно-ресурсный потенциал - тем строже должны быть природоохранные требования заповедания (см. табл. 4.2).

На основании разработанной классификации ДПК, построенной ландшафтной картосхемы с учетом динамики и деградации ДПК предложено функционально-площадное распределение ООПА. Заповедание производилось с целью восстановления наиболее продуктивных ДПК по принципу: ядра, буферные, транзитные и восстановительные ООПА. На базе имеющихся ООПТ, которые включают часть берега или акватории, предлагается заповедовать часть подводного ландшафта, как продолжение ООПТ, или как отдельные ООПА, по следующим гидро-экологическим принципам: ДПК, как места обитания ценных редких и исчезающих видов рыб (ценные промысловые виды), от сохранности которых зависит их выживаемость, репродукция и воспроизводство; ДПК - места нереста и нагула молоди рыб, акватории важные для гидробионтов, находящихся на ранних стадиях развития; ДПК уязвимые, неустойчивые, чувствительные к антропогенным нагрузкам и медленно восстанавливаемые; а также территории, поддерживающие важнейшие для гидроэкосистемы экологические процессы (водосборы и устьевые области малых незагрязненных рек).

Научной основой для обоснования размещения сети особо охраняемых природных акваторий является комплексное ландшафтное районирование и картографирование, подтвержденное анализом показателей основных компонентов ДПК, определяющих их изменчивость, устойчивость, гидроэкологическое состояние и природно-ресурсный потенциал.

Для северного региона Каспийского моря разработана классификация донных природных комплексов (ДПК). Выявлен ряд закономерностей, позволяющих сгруппировать природные комплексы по наличию совокупностей значимых корреляционных связей и осуществить типологию ДПК от физико-географических областей до фаций. Граф-связи, построенные для ДПК всего исследуемого региона, областей и подобластей подобны и имеют иерархическое соподчинение. ДПК ранга «округ», «ландшафт», «местность», «урочище» выделены с помощью традиционных методов комплексного использования результатов исследований компонентов, представленных в виде набора карт и описания выявленных закономерностей. Полученные результаты представлены в виде картосхемы ДПК северного региона Каспийского моря. В пределах исследуемой акватории Каспийского моря (являющегося физико-географической страной) выделены две физико-географические области — Северокаспийская и Среднекаспийская; три подобласти — Северокаспийская прибрежная, Северокаспийская приглубая, Среднекаспийская материковая отмель; две провинции Северокаспийская Западная и Северокаспийская Восточная; шесть округов — Западный округ Северокаспийской прибрежной подобласти, Восточный округ Северокаспийской прибрежной подобласти, Западный округ Северокаспийской приглубой подобласти, Восточный округ Северокаспийской приглубой подобласти, округ Волнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели и округ Вневолнового воздействия Среднекаспийской материковой отмели; четыре района Волжская придельтовая аккумулятивная равнина, Сулакско-Терско-Кумская аккумулятивная равнина, Заволжско-Уральская аккумулятивная равнина, Северный Мангышлак; 25 ландшафтов — Внутреннее придельтовое устьевое взморье р. Волги, Внешнее придельтовое устьевое взморье р. Волги, Сулакская дельтовая аллювиально-аккумулятивная заболоченная равнина, Терская морская аккумулятивная дельтовая равнина, Терско-Кумская морская аккумулятивная равнина междуречья, морская аккумулятивная равнина Кизлярских лиманов, Кумская дельтовая аккумулятивная равнина, Причерноземельная морская аккумулятивная равнина, морская аккумулятивная заболоченная равнина Волго-Уральского междуречья с лагунами, Уральская дельтовая аллювиально-аккумулятивная равнина, морская аккумулятивная равнина Урало-Эмбенского междуречья, Прикаспийский Каракум, морская шоровая солончаковая аккумулятивная равнина сор Мертвый Култук, морская аккумулятивная равнина Бузачи, Мангышлакский залив, Уральская Бороздина, Урало-Эмбенская равнина, Западная Волго-Каспийская равнина, Восточная Волго-Каспийская равнина, Мангышлакский порог, абразионная терраса Северо-Кавказского пред-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

горя, денудационно-эрозионная структурная прибрежная равнина п-ова Тюб-Караган, Аграханская терраса, подводный склон Северо-Кавказского предгорья, волнистая наклонная шельфовая равнина Среднекаспийской материковой отмели; четыре местности и 41 сложное урочище.

Одним из важнейших показателей устойчивого состояния ДПК северного региона Каспийского моря нами принимаются гидроэкологические условия, благоприятные для существования популяции осетровых рыб. Ландшафтное районирование ДПК исследуемого региона позволило проанализировать гидроэкологическую ситуацию, сложившуюся в различных ДПК и выявить факторы, характеризующие стабильное существование ряда подобластей северной части Каспийского моря и его экосистемы в целом. Результаты количественного и качественного анализа структурных изменений во взаимосвязях компонентов ДПК северного региона Каспийского моря (характеризующих весь исследуемый регион) и ДПК ранга подобласти (Северокаспийская-прибрежная подобласть, Северокаспийская-приглубая подобласть, северная часть Среднекаспийской подобласти) позволил выявить существенные характеристики, которые в значительной степени определяют условия существования осетровых рыб исследуемого региона.

Для всего Северного региона Каспийского моря получено, что распределение осетровых рыб в большей степени зависит от формирования кормовой базы вида. Это иллюстрирует первый фактор («Фактор формирования пищевых ресурсов») – наличие в достатке биогенных элементов и количества поступающей солнечной энергии, которые являются условием интенсивного развития фитопланктона - основной пищи зоопланктона. Зоопланктон, в свою очередь служит основной пищей зообентоса, который является одной из составляющих рациона многих видов рыб - бентофагов. Осетровые же Каспийского моря на разных стадиях онтогенеза питаются как зоопланктоном и зообентосом, так и рыбой. «Зимовально - пост-зимовальный» фактор является промежуточным по значению и связующим звеном между первым фактором и третьим - фактором «Антропогенной нагрузки». Важным условием существования, осетровых рыб выступают условия зимовки особей, остающихся на зимовальных ямах Северного Каспия, которые определяются распространением ледового покрова, площадь которого колеблется год от года и зависит от ряда факторов, в частности от температуры воды и глубины. В свою очередь, эти же факторы определяют и условия формирования весной биомассы зоопланктона – начальной стадии развития большинства видов зообентоса. Фактор «Антропогенной нагрузки» несет наименьшую нагрузку в факторной матрице, по сравнению с предыдущими. Сочетание вошедших в фактор переменных показывает, что поступление и распределение загрязняющих веществ по акватории северной части моря зависит в основном от речного стока Волги.

Для Прибрежной Северокаспийской подобласти, в связи с суровым ледовым режимом в ее северо-восточной и восточной частях, ведущим является фактор формирования пищевых ресурсов в зимнее время. Следующим по значимости является фактор антропогенной нагрузки. Третьим по значимости фактором стабильности и здоровья данной экосистемы является фактор кормовых условий нагула молоди осетровых рыб, для которых прибрежная Северокаспийская подобласти является естественным местообитанием.

Анализ факторной матрицы, полученной для Северокаспийской-приглубой подобласти, показал преимущественное влияние Гидроэкологического фактора формирования пищевых ресурсов, однако в силу циркуляционных особенностей течений в центральной части Северного Каспия гидрохимические параметры, определяемые стоком р. Волги достаточно стабильны и в данном факторе не представлены. Вторым является «Фактор антропогенной нагрузки на зоопланктон». Практически совпадая с фактором 3 для всего региона, он показывает определяющее влияние стока р. Волги на поступление и распространение загрязняющих веществ по акватории северной части Каспийского моря, от которых в свою очередь зависит биомасса зоопланктона – основной пищевой ресурс молоди нагуливающегося стада осетровых рыб. Третий по значимости «Зимовальный фактор» имеет ряд существенных отличий от «Зимовально - пост-зимовального» для всего региона. Он позволяет оценить значение мористости местообитания (наличие зимовальных ям) и распространения льда на распределение осетровых в зимний период, но им не определяются условия формирования кормовой базы осетровых рыб. Вероятно, это связано с тем, что в зимний период основная масса осетровых рыб мигрирует в более глубоководные районы Среднего Каспия.

В северной части Среднекаспийской подобласти фактор 1 можно характеризовать как «Антропогенного воздействия в зимовально - постзимовальный период». Важность защищенности от антропогенного воздействия в данное время года для Среднего Каспия несомненна, так как зимой осетровые мигрируют именно в этот регион и именно Средний Каспий испытывает эвтрофирование на глубине, которое усиливается и ускоряется в результате антропогенного загрязнения. Второй по значимости фактор определяется как «Гидроэкологический» и указывает на опасность развития процесса образования метана на дне водоема, что ставит под угрозу существование популяции осетровых, зимующих в данном ДПК. Третьим является фактор антропогенной нагрузки, проявляющейся в данном регионе в виде «Углеродородного загрязнения», так как в него в данном случае не вошли переменные, характеризующие степень влияния стока р. Волги и распределение фенольного загрязнения по акватории, но

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

весомый вклад внесла переменная Х4, характеризующая распределение кислорода на поверхности. Нефтяное загрязнение в данной провинции усиливается благодаря активной разработке на шельфе нефтяных месторождений.

Перемещение значимости фактора антропогенной нагрузки на второе место для Северокаспийской-прибрежной подобласти и Северокаспийской-приглубой подобласти с третьего для всего региона указывает на буферную способность экосистемы большего размера и имеющей большее разнообразный набор природных комплексов «компенсировать» выпадающие в случае увеличивающейся антропогенной нагрузки акватории, предоставляя подвижным представителям экосистемы возможность существовать в других, возможно изначально менее подходящих для них, природных акваториальных комплексах. Вероятно, эта тенденция с точки зрения ландшафтоведения подтверждает биологический феномен, обнаруженный в начале 1970-х годов проф. Л.С. Бердичевским, который указывал, что в результате сильного антропогенного воздействия «нерест рыб часто происходит в местах, не типичных для данного вида. Совмещаются сроки и места икрометания разных видов рыб, в том числе промысловых и непромысловых видов».

Для Среднего Каспия перемещение фактора антропогенной нагрузки на первое место, вероятно, означает, что буферные возможности экосистемы исчерпаны в связи с активным освоением морских месторождений нефти и газа.

Данные выводы основаны на показателях, охватывающий период 20 века. Однако с наступлением третьего тысячелетия в «жизни» Каспия наступил весьма непростой период начала активного освоения углеводородов на шельфе Северного Каспия – самой продуктивной области моря. Как изменится экосистема этой акватории и всего морского бассейна, покажет время. Однако мы можем с большой долей вероятности предполагать, что экологическая ситуация усложнится, и фактор антропогенной нагрузки станет лидирующим на всей акватории. Аналогичная ситуация была подтверждена нашими исследованиями на Азовском и Черном морях: фактор антропогенной нагрузки во второй половине 20 века по значимости переместился с третьего места на второе [Митина, Чуприна, 2012]. Ситуацию осложняет еще и прогрессирующее потепление, что провоцирует снижение концентрации кислорода в воде.

Поскольку природный «Гидроэкологический» фактор формирования пищевых ресурсов является главным критерием, определяющим стабильность состояния экосистемы северной части Каспийского моря, это означает, что процессы динамики, или изменения естественных природных условий региона (в том числе климатические флуктуации) приводят к наиболее значительным

изменениям его экосистемы. Следовательно, при прогнозировании возможных изменений структуры и устойчивости основных компонентов водных экосистем Каспийского моря необходимо использовать комплексный подход, сочетающий физико-географические условия с усиливающимся антропогенным воздействием и возможными климатическими изменениями.

К числу важнейших факторов, оказывающих влияние на стабильное экологическое состояние Каспийского моря, относится изменение его уровня. Отслежено три периода изменения уровня Каспия и вслед за ним – изменения качественного и количественного состава сообществ гидробионтов. Первый период – до 1933 года период относительной стабильности уровня моря. – период понижения уровня во время заполнения водохранилищ, третий период – с 1978 г. – период колебательных движений с итоговым повышением уровня.

Изменения климатических показателей тесно связано с уровнем Каспийского моря. Повышение уровня моря способствует незначительному увеличению влажности и соответственно количеству осадков над северо-западной частью Каспийского моря, но за исследуемый период среднегодовое количество осадков в мелководном северо-западном регионе значительно уменьшилось вслед за общим понижением его уровня. В период падения уровня моря 1933-1985 гг. зимы стали более суровыми и зимние температуры воды значительно понизились. Согласно данным «ГМС Пешной» за 1964-1992 гг. вслед за повышением уровня моря после 1985 г. возросли зимние температуры воздуха, среднегодовая и зимняя температуры поверхностных вод. Для «ГМС Тюлений» за тот же период времени получены средние показатели приращения зимних и летних температур поверхностных вод.

В период падения уровня Каспийского моря в 1933-1978 гг. и снижения биомассы фитопланктона биомасса зоопланктона значительно возрастает, а в период повышения уровня моря – биомасса снижается (данные 1933-2005 гг.), что указывает на сложную, разветвленную трофическую сеть в Северном регионе Каспийского моря. Уровень Каспийского моря и биомасса бентоса Северного Каспия – взаимозависимы и находятся в противофазе (данные 1935-2005 гг.). Тренд изменения биомассы зоопланктона соответствует тренду изменения биомассы зообентоса, показывая, что в основном зоопланктон относится к т.н. «временным представителям», т. е. - видом зообентоса, находящемся в июне в личиночной стадии развития. Падение уровня моря не сказалось отрицательно на биомассе различных форм бентоса, что указывает на сложность трофической сети и приспособленность туводных видов к изменениям уровня моря. Мы наблюдаем, как в западной провинции Северного Каспия, так и в восточной провинции увеличение биомассы как солоноватоводных, так и морских форм, за исключением дву-

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

створчатого моллюска дрейссены — показателя чистоты вод (данные 1935-2005 гг.). Особенно выросла биомасса червей, как менее чувствительных к загрязнению вод видов и, в частности, нереиса, специально интродуцированного в качестве кормового вида ихтиофауны.

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

При сопоставлении биомассы бентоса и уловов осетровых рыб получены значимые положительные корреляции ( $r=0,47$  для  $P=0,99$ ), при этом учитывая т.н. «волны жизни», т.е. смещая показатели биомассы бентоса по отношению к уловам осетровых на 7 лет, корреляции возрастали до  $r=0,7$  ( $P=0,99$ ), (данные 1928-2000 гг.). Получено, чем обильнее пища производителей, тем обильнее их нерест, выше жизнестойкость половых продуктов, оплодотворенной икры и личинок, а через 6-8 лет, когда вылупившиеся из икры мальки достигнут промыслового возраста, соответственно будет большим их промысловое стадо и их улов.

В настоящее время экологическая ситуация на Северном Каспии осложнена работами по добычи углеводородов на шельфе. Чтобы разработать природоохранные мероприятия, позволяющие минимизировать последствия дополнительного антропогенного пресса, мы обратились к мировому опыту исследования экологического состояния сообществ гидробионтов, существующих около нефтедобывающих структур. По нашему мнению, использование платформенных структур в целях рыболовства, как это принято в США, опасно, и требует тщательных дополнительных исследований тканей промысловых видов на содержание углеводородов и тяжелых металлов в конкретных природных условиях и для платформ различной длительности эксплуатации. Однако возможно применение отработанных свой срок платформ в качестве искусственных рифов для поддержания биоразнообразия обрастателей жестких грунтов и оздоровления водной экосистемы, так как обрастатели в большинстве своем являются организмами-фильтраторами. Исторически, приоритет в отношении размещения искусственных рифов (или в нашем случае сохранения платформ), прежде всего, базировался на экономических соображениях максимизировать использование и сохранить продуктивность ценных в коммерческом отношении биологических ресурсов. В будущем, однако, экологические соображения, такие как биофильтрационная и другие способности обрастателей платформ улучшать качество вод должны будут получить равные права, потому что на самом деле экономические и экологические факторы теснейшим образом связаны.

При этом, возможно, через  $n$ -ое количество лет, когда загрязненные обрастатели отомрут и покроются на дне относительно чистыми донными отложениями, возможно использование таких платформ в качестве промышленного и рекреационного рыболовства, но на это обоснование потребуются годы мониторинга за состоянием всей трофической сети гидробионтов. Причем, мониторинг должен быть организован для каждого конкретного ДПК, так как чем ниже температура воды, тем медленнее идут процессы самоочищения в экосистеме.

На основании выводов, полученных в результате многолетних комплексных исследований состояния окружающей среды и воздействия структур нефте- и газодобычи на морские экосистемы в районах нефте- и газодобычи северной части Мексиканского залива и планов департамента по развитию мониторинга нефтяных платформ на американском шельфе на 2003-2007 гг. [U.S. Department ..., 2002] разработаны некоторые положения геоэкологического мониторинга нефтяных платформ, расположенных в северной части Каспийского моря. Учитывая физико-географические особенности Каспийского моря, как замкнутого водоема, описанные для Мексиканского залива уровень воздействия на экосистемы и степень риска представляются сильно заниженным. Программа постоянного комплексного мониторинга нефтегазовых структур Северной части Каспийского моря предполагает наблюдения на стационарных точках и свободно плавающих буях, которые обеспечат детальное представление о вертикальной структуре и горизонтальном поле течений в зависимости от глубины и сезона года, а также гидрографии языков стока рек Волги, Урала и др. Для нефтяных платформ, расположенных в Северной части Каспийского моря, геоэкологический мониторинг следует проводить в радиусе до 1000 м от нефтяной платформы по сетке наблюдений, где необходимо наблюдать текстуру осадков, химический состав воды, флору, донную фауну, нектон и обрастания платформ. Исследование колонок донных отложений, постоянные измерения придонными камерами профиля поровых вод и перемещения осадков, позволят изучить во времени процесс отложений и накоплений полиутантов в грунтах.

Необходимы взаимосвязанные исследования вода/донные отложения и интерпретация результатов, базирующаяся на индикаторах бентоса и эпибентоса, их реакции и продолжительности нахождения в той или иной среде. В результате будут наблюдаться количество, а также пространственная и временная изменчивость полиутантов в отложениях, тканях организмов и поровых водах в районах нефтедобывающих структур.

Для того, чтобы познать состояние всей экосистемы необходимы объединенные исследования нескольких уровней биологической

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

организации (от молекулярной до сообществ) и размеров организмов (от бактерий до рыб). Биологические исследования должны включать: состав сообществ, биологическое разнообразие, репродуктивность, критический уровень реакции организмов, приводящий к быстрому ухудшению их состояния, который может быть более показателен, чем исследование постепенных и продолжительных дозировок. Такая оценка должна проводиться по различным фазам эксплуатации нефтяных месторождений, включая этапы поиска и разведки, обустройства, эксплуатации и ликвидации, учитывая, что на разных этапах эксплуатации различные структурные составляющие экосистем подвергаются особым воздействиям и являются наиболее уязвимыми. В подвижных и изменяющихся фаунистических сообществах пространственные и временные измерения часто не являются четкими и определенными. Необходимо сравнение полевых наблюдений с лабораторными опытами и другими экспериментами по воздействию процесса нефтедобычи для определения динамического диапазона изменения параметров-индикаторов и оценки относительной значимости наблюдаемых откликов. При исследовании сообществ рыб в районах нефтедобывающих платформ следует совмещать визуальные и гидроакустические методы исследования. Комбинация этих методов позволяет оценить фактическое обилие, распределение рыб по размеру и видовому составу в пространстве (по всей водной толще) и во времени.

В целях предотвращения опасности интродукции видов в экосистему Каспийского моря необходим запрет ввоза и установки нефтяных платформ и другого оборудования, ранее используемого в других морских экосистемах.

Строгий статистический расчет, объективный выбор участка и формирование высококачественных данных - необходимые условия успешной программы мониторинга. Необходимы также детальные исследования, чтобы определить местоположение и число нефтедобывающих платформ, которые должны быть сохранены, чтобы оптимизировать использование ресурсов «нефтяного рифа», рассматривая возможности проведения научных исследований и мониторинга за состоянием окружающей среды, в том числе размещения гидрометеорологических станций. Должна быть разработана стандартная процедура, позволяющая передачу ответственности за структуры от частных добывающих фирм правительству, позволяя своевременно преобразовать устаревшую газо- и нефтедобывающую платформу в искусственный риф.

Лабораторные исследования воздействия отходов нефтепромысла на гидробионтов не всегда полно отражают реальное состояние природных экосистем. Гидробионты Каспийского моря еще до начала разведочного бурения в северной части Каспийского моря были подвержены длительному действию загрязняющих веществ, выносимых Волгой и приносимых

течениями из районов нефте- и газодобычи Среднего и Южного Каспия. Дополнительное поступление загрязняющих веществ увеличит нагрузку на экосистему, при этом самый большой урон понесут долгоживущие осетровые и тюлени, замыкающие уникальную трофическую цепь экосистемы Каспийского моря.

Оценка природно-ресурсного потенциала подводных ландшафтов исследуемого региона позволили провести ранжирование выделенных ДПК по четырем категориям в зависимости от степени использования ресурсов каждого осетровыми рыбами и с учетом повышения антропогенной нагрузки в результате освоения морских нефтегазовых месторождений.

Первую, самую многочисленную группу, составили ДПК, относительно мало используемые осетровыми рыбами и обладающие довольно низким (1-5 баллов) природно-ресурсным потенциалом. В группу вошли практически все ДПК ранга ландшафта, входящие в состав Северокаспийской прибрежной подобласти (за исключением ДПК устьевых областей крупных рек), ДПК Урало-Эмбенской равнины, входящей в состав Северокаспийской приглубой подобласти, а также часть донных природных комплексов ранга ландшафта Среднекаспийской области. Во вторую группу вошли ДПК, обладающие средним (от 6 до 10 баллов) частным природно-ресурсным потенциалом – ДПК устьевых областей рек Терека (I.1a2) и Урала (I.1b3), а также ДПК прибрежной зоны абразионной террасы Северо-Кавказского предгорья (II.1a2) Среднекаспийской области. В третью группу вошли три ДПК, обладающие достаточно высоким частным природно-ресурсным потенциалом - Волго-Каспийская равнина (ДПК I.2b - 15 баллов), Уральская Бороздина (ДПК I.2a2 - 14 баллов), находящиеся в пределах Северокаспийской области и ДПК материкового склона Северо-Кавказского предгорья Среднекаспийской области (II.2a2 - 11 баллов).

Ведущее место в формировании запасов осетровых принадлежит ДПК I.1A (устьевая область р. Волга), так именно там происходит нагул их молоди перед дальнейшим скатом в море, в р. Волге проходит естественный нерест, выше по течению функционируют рыболовные заводы по искусственному воспроизводству осетровых. Таким образом, наиболее важными для стабильного существования осетровых рыб являются ДПК устьевых областей рек.

Проведенные расчеты оценки природно-ресурсного потенциала позволили сгруппировать ДПК по четырем категориям в зависимости от степени использования ресурсов каждого осетровыми рыбами. Предложенный метод оценки природно-ресурсного потенциала позволил планировать природоохранную деятельность, руководствуясь при этом следующим принципом: чем выше природно-ресурсный потенциал - тем строже должны быть природоохранные требования заповедания.

## **ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ**

Разрабатываемые в настоящее время месторождения нефти в Северном Каспии часто совпадают с местами нагула и зимовки осетровых. В этой же зоне зимой формируется ледовый покров, что усугубляет дефицит кислорода в зимовальных ямах. В случае дополнительного загрязнения усиливается риск эвтрофирования этой части водоема, что может привести к сильному кислородному голоданию осетровых и массовому замору рыб.

Ограничения, накладываемые на проведение морских нефтяных операций, должны носить дифференцированный характер. Основой для их введения может служить полный или частичный запрет на проведение тех или иных технологических операций. В других случаях устанавливаемые ограничения соизмеряются с возможными экологическими и социально-экономическими последствиями воздействия хозяйственной деятельности (в том числе нефтегазодобычи) на природную среду моря.

СТРУКТУРА, ГИДРОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА  
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авакян А.Б.* Волга в прошлом, настоящем и будущем. М.: Экопресс-ЗМ, 1998. 20 с.
2. *Авакян А.Б., Шаранов В.А.* Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М.: Энергия, 1977.
3. *Айбулатов Н.А.* Геоэкология шельфа и берегов России. М.: «Ноосфера», 2001. 428 с.
4. *Айзатулин Т.А., Лебедев В.Л.* Океан как глобальная система. В кн.: Физическая география мирового океана. Л.: Наука, 1980. С. 283-312.
5. *Александрова Т.Д.* Статистические методы изучения природных комплексов. М.: Наука, 1975. 176 с.
6. *Алиханов Э.Н.* Геология Каспийского моря. Баку: «Элм», 1978. 190 с.
7. Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Пищ. пром., 1968.
8. Атлас основных кормовых организмов рыб Нижней Волги и Каспийского моря. Астрахань: КаспНИРХ, 2002. 394 с.
9. *Багир-Заде Ф.М., Нариманов А.А., Бабаев Ф.Р.* Геолого-геохимические особенности месторождений Каспийского моря. М.: «Недра», 1988. 208 с.
- База данных по Биоразнообразию, подготовленная в рамках Каспийской Экологической Программы. Каспийская экологическая программа (КЭП), 2002. [Электронный ресурс]: <http://www.caspianenvironment.org/biodb/>.
10. *Баранова Е.П., Косминская И.П., Павленкова Н.И.* Результаты переинтерпретации материалов ГСЗ по Южному Каспию // Геофизический журнал. 1990. Т. 12. № 5. С. 60-67.
11. *Беклемишев К.В.* Биотопы морских биоценозов // Проблемы биогеоценологии. Под ред. Е.М. Лавренко, Т.А. Работнова. М.: Наука, 1973. С. 23-37.
12. *Беспалова Л.А.* Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря. Ростов на Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 2006. 262 с.
13. Биологическая продуктивность Каспийского моря (сб. ст.) Тр. Науч. иссл. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. М.: Пищевая пром-ть, 1974. Т. 108. 264 с.
14. Биологические основы развития осетрового хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука, 1979. 222 с.
15. *Богданов Д.В.* География Мирового океана. М.: Наука, 1978. 192 с.
16. *Бондаренко А.Л.* Течения Каспийского моря и формирование поля солености вод Северного Каспия. М.: Наука, 1993. 122 с.
17. *Борзенко М.П.* Современное состояние запасов и промысла осетровых в Азербайджане и пути его рационализации. М.: Изд-во ВНИРО, 1961. 37 с.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

18. *Браверман Э.М., Мучник И.Б.* Структурные методы обработки эмпирических данных. М.: Наука, 1983. 464 с.
19. *Бухарицин П.И.* Опасные гидрологические явления на Северном Каспии // Водные ресурсы. 1994. Т. 21. № 4. С. 444–452.
20. *Вещев П.В.* Экологические и рыбоохранные основы естественного воспроизводства севрюги в Нижней Волге в современных условиях. Автореф. дис. канд. биол. наук. Астрахань: Астрахан. гос. техн. ун-т, 1998. 26 с.
21. Водный кодекс Российской Федерации. Официальный текст по состоянию на 20 марта 2006г. М.: Омега, 2006. 64 с.
22. *Воропаев Г.В., Красножон Г.Ф., Лахиджани Х.К.* Сток рек и устойчивость Иранского побережья Каспийского моря // Водные ресурсы. 1998. Т. 25. № 6. С. 747–758.
23. *Гаккель Я.Я.* Материковый склон как географическая зона Северного Ледовитого океана // Изв. ВГО. 1957. Т. 89. Вып. 6.
24. *Гаранина С.Н., Курапов А.А., Костров Б.П., Гусейнова Б.Р., Алескеров В.А., Гаджиев А.К.* Проведение экологического контроля методом биотестирования на фитопланктоне при разведке нефти в Северном Каспии. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. С. 93–95.
25. *Гасанов Т.Ш., Алиева Д.М., Бабаева Р.Ф.* Влияние разной концентрации нефти на содержание биогенных аминов в головном мозге белуги. В сб.: Осетровое хозяйство водоемов СССР. Астрахань, 1989. С. 59–60.
26. *Гембель А.В.* Общая география Мирового океана. М.: Высш. шк., 1979. 302 с.
27. *Гераскин П.П., Металлов Г.Ф., Аксёнов В.П., Галактионова М.Л.* Нефтяное загрязнение Каспийского моря как один из факторов негативного влияния на физиологическое состояние осетровых рыб. Мат-лы первой межд. научно-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 54–60.
28. *Гершанович Д.Е., Федоров В.В.* Морское ландшафтоведение новый подход к изучению природы океана // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1985. № 5. С. 50–55.
29. *Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В.* Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. 342 с.
30. *Горбунова Г.С., Костров Б.П., Курапов А.А., Гаранина С.Н., Коваленко Л.Д., Серебрянникова Э.Г., Упов С.А., Гусейнова Б.Р., Горбунова Н.В.* Действие газоконденсата на представителей экосистемы Каспия. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. С. 79–85.
31. *Горбунова Г.С., Уцов С.А., Костров Б.П., Курапов А.А., Горбунова Н.В.*

- Изменение физиолого-биохимических показателей бычка-кругляка при воздействии сырой нефти В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. С. 77–79.
32. *Гурьянова Е. Ф.* Теоретические основы составления карт подводных ландшафтов. В сб.: Вопросы биостратиграфии континентальных толщ. Тр. Третьей сессии Всесоюзного палеонтологического о-ва. М.: Госгеолтехиздат, 1959. С. 35-48.
  33. *Дёрффель К.* Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994. 268 с.
  34. *Дерюгин К.М.* Фауна Кольского залива и условия ее существования // Зап. Импер. Акад. наук. Сер. 8, Физ.-мат. отд. 1915. Т. 34. № 1. С. 1–929.
  35. *Дохолян В.К., Шлейфер Г.С., Ахмедова Т.П., Магомедов А.К.* Влияние растворенных нефтепродуктов на жизнедеятельность некоторых видов рыб Каспийского моря // Вопросы ихтиологии. 1980. Т. 20. Вып. 4 (1213). С. 733–738.
  36. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Гидрометеиздат – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1982.
  37. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Гидрометеиздат – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1983.
  38. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Гидрометеиздат – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1985-1992.
  39. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Гидрометеиздат – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1995.
  40. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Гидрометеиздат – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1997.
  41. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1999 год. М.: ГОИН, 2000.
  42. *Живаго А.В.* О подводных ландшафтах Мирового океана: рец. на статью Д.Г. Панова // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1951. № 2. С. 81-84.
  43. *Забержинская Э.Б.* Флора водорослей-макрофитов Каспийского моря. Автореф. дисс. ... канд. биолог. наук. Баку, 1968.
  44. *Зенкевич Л.А.* Избранные труды. Т. 1: Биология северных и южных морей СССР. 340 с. Т. 2: Биология океана. 244 с. М.: Наука, 1977.
  45. *Зернов С.А.* К вопросу об изученности жизни Черного моря // Зап. Импер. Акад. наук. 1913. № 1. Сер. 8. 299 с.
  46. *Зернов С.А.* Общая гидробиология. М.: Биомедгиз, 1934. 503 с.
  47. *Зернов С.А.* Общая гидробиология. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 582 с.
  48. *Иванов В.П.* Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 2000. 100 с.
  49. *Иванов В.П., Васильев А.С., Косарев А.Н., Катунин Д.Н., Сапожников В.В., Тужилин В.С., Беляева В.Н., Гераскин П.П.* Изменение экосистемы Каспийского моря в условиях активизации ресурсной деятельности. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. С. 481–485.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

50. *Иванов В.П., Мажник А.Ю.* Рыбное Хозяйство Каспийского бассейна (белая книга). Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 1997. С. 17-21.
51. *Иванов В.П., Сокольский А.Ф.* Научные основы защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. 181с.
52. *Иванова Т.П., Трифонов В.Г.* Сейсмотектоника и современные колебания уровня Каспийского моря // Геотектоника. 2002. № 2. С. 27-42.
53. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеиздат, 1989.
54. Каспийская экологическая программа. Национальный доклад Российской Федерации «Состояние и сохранение биологического и ландшафтного разнообразия Прикаспийского региона» М.: МПР РФ, 2000.
55. Каспийское море. Гидрология устьев рек Терека и Сулака. М.: Наука, 1993. 160 с.
56. Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность. Отв. ред. Е.А. Яблонская. М.: Наука, 1985. 276 с.
57. Каспийское море: Геология и нефтегазоносность. М.: Наука, 1987. 295 с.
58. Каспийское море: Гидрология и гидрохимия. Отв. ред. С.С. Байдин, А.Н. Косарев. М.: Наука, 1986. 261 с.
59. Каспийское море: Ихтиофауна и промысловые ресурсы. М.: Наука, 1989. 236 с.
60. Каспийское море: Структура и динамика вод. М.: Наука, 1990. 164 с.
61. *Касымов А.Г.* Экология Каспийского озера. Баку: Изд-во «Print Studio», 1994. 237 с.
62. *Касымов А.Г., Аскеров Ф.С.* Биоразнообразие, нефть и биологические ресурсы Каспийского моря. Баку: Изд-во «Print Studio», 2001. 325 с.
63. *Касымов А.Г., Багиров Р.М.* Биология современного Каспия. Баку: Азернешр, 1983. 154 с.
64. *Катунин Д.Н., Курочкина Т.Ф., Насибулина Б.М., Воробьева А.А., Рылина О.Н., Попова О.В., Хорошко В.И., Ивлева Л.М., Карыгина Н.В.* Эколого-токсикологическая характеристика Волго-Каспийского бассейна в условиях антропогенного воздействия на биоресурсы и среду обитания. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. С. 30-45.
65. *Катунин Д.Н., Хрипунов И.А., Егоров С.Н., Кашин Д.В., Железцова Е.Г., Азаренко А.В., Дегтярева О.А.* Многолетняя динамика формирования зон гипоксии в Северном Каспии, в районах обустройства нефтегазовых месторождений. Мат-лы первой межд. научно-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспий в условиях освоения нефтегазовых месторождений». Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 98-101.

66. *Ким Ю.Н., Бокова Е.Б.* Воспроизводство осетровых в Урало-Каспийском районе. Тез. докл. Межд. конф. «Осетровые на рубеже XXI века». Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. С. 62.
67. *Кленова М.В., Соловьев В.Ф., Алексина И.А., Выхренко Н.М., Кулакова Л.С., Маев Е.Г., Рихтер В.Г., Скорнякова Н.С.* Геологическое строение подводного склона Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 637 с.
68. *Книпович Н.М.* Труды Каспийской экспедиции 1914-1915 гг. СПб: Госиздат, 1921. 27 с.
69. *Коваленко Л.Д., Курапов А.А., Косарева М.В.* Действие нефти на зоопланктон Каспия. Мат-лы XV научно-практ. конф. по охране природы Дагестана. Махачкала: ИПЦ ДГУ, 1999. С. 267-268.
70. *Коваленко Л.Д., Курапов А.А., Костров Б.П., Гусейнова Б.Р., Алескеров В.А., Гаджиев А.К.* Проведение экологического контроля при разведке нефти в Северном Каспии методом биотестирования на зоопланктоне. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. С. 95-97.
71. *Костров Б.П., Горбунова Т.С., Курапов А.А., Гаранина С.Н., Коваленко Л.Д.* Влияние нефти на биотические компоненты экосистемы Северного Каспия. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. С. 52-59.
72. *Костров Б.П., Горбунова Т.С., Уцов С.А., Магомедов Г.А.* Влияние газоконденсата, бурового раствора и бурового шлама на растительные пигменты фитопланктона. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. С. 81-84.
73. *Костров Б.П., Магомедов А.К., Курапов А.А.* Экспериментальная оценка биodeградации нефти. Мат-лы XV научно-практ. конф. по охране природы Дагестана. Махачкала: ИПЦ ДГУ, 1999. С. 245-246.
74. *Крицкий С.Н., Коренистов Д.В., Раткович Д.Я.* Колебания уровня Каспийского моря (анализ режима и вероятностный прогноз). М.: Наука, 1975. 159 с.
75. *Крючков В.И.* Суточный ритм двигательной активности молоди южнокаспийского осетра при нефтяном загрязнении. Осетровое хозяйство водоемов СССР. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 1989. С. 165-166.
76. *Крючков В.И.* Экспериментальные данные о влиянии нефтяного загрязнения на вегетативные функции осетровых рыб // Экология. 1989. № 1. С. 1040-1044.
77. *Курапов А. А.* Охрана природной среды при освоении нефтегазовых месторождений Северного Каспия. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Махачкала, 2006. 42 с.
78. *Кушнарченко А.И.* Эколого-этологические основы количественного учета рыб Северного Каспия. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2003. 180 с.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

79. Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1: 2500000. М.: Министерство геологии СССР, 1987.
80. *Лебедев Л.И., Маев И.Г., Бордовский О.К., Кулакова Л.С.* Осадки Каспийского моря. М.: Наука, 1973. 119 с.
81. *Лебедев С.А., Костяной А.Г.* Спутниковая альтиметрия Каспийского моря. М.: Изд. Центр «Море» Межд. Института Океана, 2005. 366 с.
82. *Легеза М.И.* Роль абиотических факторов среды при распределении осетровых (сем. Acipenseridae, Pisces) в Каспийском море // *Вопр. ихтиологии.* 1972. Т. 121. Вып. 1. С. 13–24.
83. *Леонтьев О.К.* Основы физической географии Мирового океана. М.: Изд-во МГУ, 1974. 111 с.
84. *Леонтьев О.К.* Физическая география Мирового океана. М.: Изд-во. МГУ, 1982. 198 с.
85. *Леонтьев О.К., Маев Е.Г., Рычагов Г.И.* Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1977. 208 с.
86. *Лилиенберг Д.А.* Новые подходы к оценке современной эндодинамики Каспийского региона и вопросы ее мониторинга // *Изв. РАН. Сер. Геогр.* 1994. № 2. С. 16-36.
87. *Линдберг Г.У., Гурьянова Е.Ф., Кобякова З.И., Бирюлин Г.М., Жуков Л.А.* Атлас океанографических основ рыбопоисковой карты Южного Сахалина и Южных Курильских островов. Т. II «Карты подводных ландшафтов». Л.: ЗИН АН СССР–ТИНРО, 1956.
88. *Лукьянова Т.С.* Применение методов математической статистики при исследовании влияния различных факторов на распределение биомассы донной фауны в океане // *Вестн. МГУ. Сер. Геогр.* 1978. № 2. С. 67–72.
89. *Лымарев В.И.* Основные проблемы физической географии океана. М.: Наука, 1978. 89 с.
90. *Макарова Е.Н., Курапов А.А.* Влияние волжского стока на состояние морской среды в районах Северного Каспия, отведенных для нефтедобычи. Мат-лы Межд. конф., посвященной 105-летию КаспНИРХ «Современные проблемы Каспия». Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. С. 202-204.
91. *Максаковский В.П.* Географическая картина мира. Кн 1: Общая характеристика мира. М.: «Дрофа», 2004. 496 с.
92. *Малашенков Б.М.* Оценка частного природно-ресурсного потенциала донных природных комплексов северного региона Каспийского моря // *Вода: Химия и экология.* 2008. № 5. С. 2-9.
- Малашенков Б.М.* Природно-ресурсный потенциал подводных ландшафтов северного Каспия // *Изв. РАН. Сер. Геогр.* 2010. № 1. С. 54-62.
93. *Мануйлов В.А.* Изучение донных комплексов верхнего шельфа залива Петра Великого (для размещения хозяйств марикультуры) // *Вестн. МГУ. Сер. Геогр.* 1982. № 1. С. 48-52.

94. *Марков К.К.* География океана // Природа. 1975. № 3. С. 9–11.
95. *Марков К.К.* О единстве природы океана и материков // Изв. ВГО. 1968. № 6. С. 481–487.
96. *Марков К.К.* Физическая география Мирового океана. Л.: Наука, 1980. 362 с.
97. *Марченко Е.Н., Долгов В.В., Островская Е.В., Монахова Г.А.* Состояние загрязненности морской среды в районе водообмена между Северным и Средним Каспием по данным экологического мониторинга в период проведения морских сейсморазведочных работ. Тез. докл. первой Межд. научно-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» 16–18 февраля 2005 г. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 136–139.
98. *Миронов О.Г.* Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение. М.: «Пищепромиздат», 1972. 105 с.
99. *Митина Н.Н.* Структура и классификация донных природных комплексов береговой зоны Японского моря (на примере Среднего Приморья) // Водные ресурсы, 1993. № 3. С. 380–386.
100. *Митина Н.Н.* Оценка ресурсного потенциала донных природных комплексов морских мелководий Японского моря // Водные ресурсы, 1996. № 4. С. 504–507.
101. *Митина Н.Н.* Принципы количественной оценки ресурсного потенциала донных природных комплексов морских мелководий // Изв. РАН. Сер. Геогр. 1998. № 2. С. 107–112.
102. *Митина Н.Н.* Методы оценки природного ресурсного потенциала подводных ландшафтов водохранилищ озерно-речного типа // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2003. № 2. С. 72–82.
103. *Митина Н.Н.* Геоэкологические исследования ландшафтов морских мелководий. М.: Наука, 2005. 197 с.
104. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М.* Обоснование геоэкологического мониторинга нефтегазодобывающих структур на морском шельфе // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2006. № 2. С. 92–102.
105. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М.* Динамика гидрометеорологических показателей Северного Каспия // Наука в России. 2009. № 4. С. 17 – 20.
106. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М.* Донные природные комплексы Северного Каспия // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2009а. № 3. С. 94–106.
107. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М.* Природные и антропогенные факторы воздействия на уровень Каспийского моря // Вода: Химия и Экология. 2013. № 3. С. 3–8.
108. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М.* Влияние изменений уровня Каспийского моря на устойчивость ряда элементов экосистемы его Северного региона // Вода: Химия и Экология. 2013а. № 6. С. 10–15.
109. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М.* Причинно-следственные связи изменения некоторых параметров экосистем Каспийского моря // Проблемы региональной экологии. 2013. № 1. С. 14–21.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

109. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М., Телитченко Л.А.* Критерии стабильности экосистем Северного Каспия // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2007. № 6. С. 66-71.
110. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М., Телитченко Л.А.* Критерии устойчивого состояния экосистемы северного региона Каспийского моря // Вода: Химия и экология. 2008. № 6. С. 2-18.
111. *Митина Н.Н., Малашенков Б.М., Телитченко Л.А.* Методические подходы к определению устойчивости водных экосистем (на примере северного региона Каспийского моря) // Проблемы региональной экологии. 2010. № 6. С. 65-75.
112. *Митина Н.Н., Чуприна Е.В.* Подводные ландшафты Черного и Азовского морей: структура, гидроэкология, охрана. М.: ФГУП «Типография Россельхозакадемии», ИВП РАН, 2012. 320 с.
113. *Мусатов А.П., Красножон Г.Ф., Федосеев Е.А.* Экологические основы создания оптимального водного режима в дельте Волги и Северном Каспии. // Водные ресурсы. 1981. № 4. С. 21–37.
114. *Наливкин Д.В.* Учение о фациях. Географические условия образования осадков. М.- Л.: Изд. АН СССР, 1956. Т. 1. 534 с.
115. Научные основы устойчивого рыболовства и регионального распределения промысловых объектов Каспийского моря. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 168 с.
116. *Нельсон-Смит А.* Нефть и экология моря. М.: Изд-во «Прогресс», 1977. 302 с.
117. Обзор загрязнения окружающей природной среды в Российской Федерации в 1999 г. М.: Росгидромет, 2000.
118. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Изд-во «Мир», 1975. 740 с.
119. Осетровые – состояние биоресурсов, тенденции, причины истощения, предложения по восстановлению запасов. Отчет о НИР А.Д. Власенко, Р.П. Ходоревская, А.П. Сливка, П.П. Гераскин, А.А. Кокоза, Л.В. Ларцева, В.М. Распопов. КаспНИРХ, Каспийский Региональный Тематический Центр – Управление биоресурсами (КРТЦ УБ). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 1999. 155 с.
120. Отчет о результатах Всекаспийской морской экспедиции. Каспийская экологическая программа (КЭП) и Каспийский Региональный Тематический Центр Управление биоресурсами (КРТЦ УБ). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001.
121. *Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В.* Современное состояние Каспийского моря. М.: Наука, 2005. 365 с.
122. *Панов Д.Г.* О подводных ландшафтах Мирового океана // Изв. ВГО. Сер. Геогр. 1950. № 6. С. 582-607.
123. *Патин С.А.* Экологические и рыбохозяйственные аспекты освоения нефтегазоносных ресурсов на шельфе южных морей России. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. С. 8–10.

124. *Патин С.А.* Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 1997. 350 с.
125. *Патин С.А.* Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. 340 с.
126. *Патин С.А., Зайцев Ю.Б.* Экосистема и биоресурсы Каспия в условиях освоения морских нефтегазовых месторождений. // Мат-лы первой научно-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 160–167.
127. *Пахомова А.С., Затучная Б.М.* Гидрохимия Каспийского моря. Л.: «Гидрометеорологическое изд-во», 1966. 243 с.
128. *Пегов С.А.* Природопользование: Прогноз и управление. В сб.: Теория и методы географического прогнозирования: Возможности и пути. М.: Наука, 1992. С. 111-117.
129. *Песеруди Н.Е.* *Acipenser guldenstadte persicus Borodin* - персидский (куринский осетр). В сб.: Рыбы Казахстана. Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1986. С. 99–109.
130. *Петров К.М.* Подводные ландшафты Черноморского побережья Северного Кавказа и Таманского полуострова // Изв. ВГО. 1960. Т. 92. Вып. 5. С. 302-405.
131. *Петров К.М.* Теоретические основы ландшафтного картирования дна морских мелководий. В сб.: Картирование шельфов. Л.: Геогр. о-во СССР, 1974. С. 6–30.
132. *Петров К.М.* Система единиц физико-географического районирования морских мелководий // Изв. ВГО. 1975. Т. 107. № 2. С. 97-104.
133. *Петров К.М.* Основные черты физико-географического процесса в мировом океане. В сб.: Теоретические вопросы физической и экономической географии Мирового океана. Л., 1979. С. 110-117.
134. *Петров К.М.* Аксиоматические основы теории физической географии океана. В сб.: Географические проблемы Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 15-17.
135. *Петров К.М.* Подводные ландшафты: теория, методы исследований. Л.: Наука, 1989. 125 с.
136. *Петров К.М.* Биогеография океана. Биологическая структура мирового океана глазами географа. Учебное пособие. Изд-во СПб ун-та, 1999. 232 с.
137. *Петров К.М.* Биономия океана. Изд-во СПб ун-та, 2004. 242 с.
138. *Петров К.М.* Биогеография океана: учебник для студентов, обучающихся по географической специальности. СПб: Изд-во СПб ун-та. 2-е изд. испр. М.: Академический Проект «Альма Матер», 2008. 328 с.
139. *Плахотник А.Ф.* Структура наук об океане. М.: Мысль, 1981. 141 с.
140. *Преображенский Б.В.* Ландшафт как характеристика экосистемы. В сб.: Методы комплексного картирования экосистемы шельфа. Владивосток: ДВНЦ РАН, 1980. С. 23-28.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

141. *Преображенский Б.В.* Основные задачи морского ландшафтоведения // География и природные ресурсы. 1984. № 1. С. 15-22.
142. *Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В.* Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.
143. *Преображенский Б.В., Поярков Б.В.* О принципах организации при-брежно морского природопользования. В сб.: Географические аспекты изучения Мирового океана. Л.: ГО СССР, 1989. С. 125-130.
144. Природные экосистемы дельты Волги. Л.: ГО СССР, 1984. 143 с.
145. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 6: Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Отв. ред. Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева, А.А. Керимова. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 359 с.
146. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 6: Каспийское море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. Отв. ред. Ф.С. Терзиева, М.П. Максимовская, Е.А. Яблонская. СПб.: Гидрометеоиздат, 1996. 322 с.
147. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
148. *Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р.* Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978. 295 с.
149. *Сапожников В.В., Белов А.А.* Причины изменений экосистемы Каспийского моря и ее современное состояние // Мат-лы первой межд. научно-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 181-187.
150. *Сапрыкин В.Н., Бедрицкая И.Н., Катунин Д.Н., Курапов А.А.* Оценка качества природных вод методами биотестирования в системе экологического контроля ООО «Лукойл-Астраханьморнефть» при поиске, разведке и добыче углеводородного сырья в северной части Каспийского моря. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. С. 60–75.
151. *Сливка А.П., Красиков Е.В., Зыкова Г.Ф.* Изучение распределения, качественной структуры, динамики численности осетровых в Каспийском море. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1998 год. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 1999. С. 145-156.
152. *Сокольский А.Ф., Курашова Е.К., Степанова Т.Г.* Атлас основных кормовых организмов рыб Нижней Волги и Каспийского моря. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. 394 с.
153. *Солнцев Н.А.* О природных аквальных комплексах Мирового океана // Вестн. МГУ. Сер. Геогр. 1969. № 3.
154. *Солнцев Н.А.* К проблеме природно-географического районирования Мирового океана // Вестн. МГУ. Сер. Геогр. 1978. № 1. С. 12-18.

155. *Солнцев Н.А.* Некоторые теоретические вопросы динамики ландшафта // Вестн. МГУ. Сер. Геогр. 1963. № 2. С. 50-55.
156. Состояние биоразнообразия в Казахстанской части Каспийского моря. Национальный доклад республики Казахстан. Алматы: Атырау, 2000.
157. Состояние и сохранение биологического и ландшафтного разнообразия Прикаспийского региона. Национальный доклад Российской Федерации. М.: МПР РФ, 2000.
158. Справочник «Водное хозяйство СССР». М.: ЦБНТИ, 1974. 270 с.
159. *Уломов В.И.* Объемная модель динамики литосферы, структуры сейсмичности и изменений уровня Каспийского моря // Физика Земли. 2003. № 5. С. 5-17.
160. *Уломов В.И., Полякова Т.П., Медведева Н.С.* Динамика сейсмичности бассейна Каспийского моря // Физика Земли. 1999. № 12. С. 76-82.
161. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. М.: Изд-во «ГЕОС», 1998. 280 с.
162. *Фролов А.В.* Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. М.: Изд-во «ГЕОС», 2003. 174 с.
163. *Хмелевский А., Книжников А.* Экологически важные объекты Северного Каспия. [Электронный ресурс]: <http://gis-lab.info/projects/ecocaspian.html#6>.
164. *Хорошко В.И., Эмирова Р.И.* Мониторинг содержания токсикантов в тканях гидробионтов. В сб.: Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. С. 71-77.
165. *Хромов С.П.* Есть ли ландшафтные зоны в океане? // Изв. ВГО. 1949. Т. 81. Вып. 2.
166. *Хрусталева Ю.П.* Закономерности осадконакопления в Северном Каспии. Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1978. 207 с.
167. *Хураськин Л.С., Захарова Н.А.* Каспийский тюлень: проблемы и состояние эксплуатируемой популяции В сб.: Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. Астрахань: Изд-во КаспНИИРХ, 2001. С. 338-345.
168. *Шведе Е.Е.* Выступление на ландшафтном совещании // Изв. ВГО. 1955. Т. 87. Вып. 5.
169. *Шилькрот Г.С.* Озеро как водный природный комплекс // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1970. № 2. С. 125-130.
170. *Шукин И.С.* Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М.: Сов. энциклопедия, 1980. 704 с.
171. *Шукин И.С.* Общая геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1960. Т. 1. 616 с.; 1964. Т. 2. 564 с.; 1974. Т. 3. 384 с.
172. Экологическая политика ОАО «ЛУКОЙЛ» на Каспийском море. Т. 1. Состояние окружающей природной среды при проведении изыскательских и геологоразведочных работ на структуре «Хвалынская» в 1997-2000 гг. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. 130 с.

## ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

173. Экологическая политика ОАО «ЛУКОЙЛ» на Каспийском море. Т. 2. Охрана окружающей среды при поиске, разведке и добыче углеводородного сырья в северной части Каспийского моря. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2003. 250 с.
174. Экологические факторы пространственного распределения и перемещения гидробионтов. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 335 с.
175. Экспедиционные исследования в Каспийском море в 1999 году. М.: ГОИН, 2000.
176. *Яблонская Е.А., Осадчих В.Ф.* Влияние океанологических условий на формирование бентоса. Гидрометеорология и Гидрохимия Морей. Каспийское море: Т. VI. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. СПб.: Гидрометеоиздат, 1996. С. 263-278.
177. *Aabel J.P., Cripps S., Kjeilen G.* Oil and gas production structures as artificial reefs. Proc. of the First European Artificial Reef Conf. Ed. A.C. Jensen. Ancola, Italy. Pub. Southampton Oceanography Centre, 1997. 449 p.
178. AUMS. Fish activity around North Sea oil platforms. Aberdeen University Marine Studies Ltd. Report, 1987. 46 p.
179. *Ayers R.C., Sauer T.C., Stuebner D.D., Meek R.P.* An environmental study to assess the effect of drilling fluids on water quality parameters during high rate, high volume discharges to the ocean. Proceedings of a symposium «Research on environmental fate and effects of drilling fluids and cuttings». Washington, D.C., 1980. P. 312-334.
180. *Cripps S.J., Aabel J.P.* DPI – Fish survey using R.O.V. data. RF-Rogaland Research Report No. RF-95/301, 1995. Stavanger, Norway. 12 p.
181. *Gallaway B.J., Lewbel G.S.* The Ecology of petroleum platforms in the Northwestern Gulf of Mexico: a community profile. LGL Ecological Research Associates, National Coastal Ecosystems Team. U.S. Fish and Wildlife Service Gulf of Mexico OCS Regional Office Bureau of Land Management U.S. Department of the Interior Metairie, LA. 1982.
182. *Gallaway B.I.* An ecosystem analysis of oil and gas development on the Texas-Louisiana Continental Shelf. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C. FWS/OBS - 81/27. 1981.
183. *Gallaway B.I., Martin L.R.* Effect of gas and oil field structures and effluents on pelagic and reef fishes, and demersal fishes and macrocrustaceans. In: Environmental assessment of Buccaneer Gas and Oil Field in the Northwestern Gulf of Mexico, 1978.
184. *Gallaway B.J., Martin L.R., Howard R.L., Boland G.S., Dennis G.D.* Effects on artificial reef and demersal fish and macrocrustacean communities. In: Environmental effects of offshore oil production. The Buccaneer Gas and Oil Field study. Marine science, Plenum Press, New York. 1981. V. 14. P. 237-293.
185. International Petroleum Encyclopedia, Penn Well, USA. 2001. V. 34. P. 746.

186. Islands of Life. Minerals Management Service, Public Affairs Office, LA. 2002.
187. *McArdle D.A.* California Marine Protected Areas. California Sea Grant College System. № T-039. CA.: Univ. of California Press, 1997. 243 p
188. *Middleditch B.S.* ed. Environmental effects of offshore oil production, the Buccaneer Gas and Oil Field study, MS, Plenum Press, New York, 1981. V. 14. P. 173-186.
189. *Mitina N.N., Malashenkow B.M.* Estimation of the Volga-Caspian water ecosystems stability under the possible climate change and anthropogenic load // Journal of Environmental Science and Engineering. 2011. Vol. 5. № 1. P. 116-120.
190. *Stanley D.R., Wilson C.A.* A fishery depend based study of fish species composition and associated catch rates around petroleum platforms off Louisiana // Fishery Bulletin, 1990. 88. P. 719-730.
191. *Stanley D.R., Wilson C.A.* Seasonal and spatial variation in abundance and size distribution of fishes associated with petroleum platform in the Northern Gulf of Mexico. In: Canadian Journal of fishes and Aquatic Science, 1997. № 54. P. 1166-1177.
192. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. Across-shelf larval, postlarval, and juvenile fish collected at offshore oil and gas platforms and coastal rock jetty west of the Mississippi River delta. MMS 2001-077. 144 p.
193. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service. Gulf of Mexico Offshore Operations Monitoring Experiment (GOOMEX) Final Report Published by U.S. Department of the Interior Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. 1995. (MMS, 1995).
194. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. Northeastern Gulf of Mexico Coastal and Marine Ecosystems Program: Data Search and Synthesis. (MMS 1996).
195. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. Northeastern Gulf of Mexico Coastal and Marine Ecosystems Program: Ecosystem Monitoring. Mississippi / Alabama Shelf; Third Annual Interim Report, 1999. OCS Study MMS 99-0055. 211 p. (MMS, 1999).
196. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service Gulf of Mexico OCS Oil and Gas Lease Sales: 2003-2007. Final Environmental Impact Statement. Volume 1. Published by U.S. Department of the Interior Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA, 2002. 1205 p.
197. *Valdermarsen J.W.* Behavior aspects of fish relation to oil platforms in the North Sea. ICES C.M. B., 1979. P. 27.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|   |     |
|---|-----|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....   | 5   |
| <b>ГЛАВА I. ФИЗИКО_ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА<br/>СЕВЕРНОГО РЕГИОНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ</b> .....                               | 11  |
| 1.1. Географическое положение и основные морфометрические<br>характеристики .....   | 11  |
| 1.2. Геологическое строение.....  | 12  |
| 1.3. Геоморфологическая характеристика .....  | 14  |
| 1.4. Гидрометеорологические условия.....  | 19  |
| 1.5. Гидрологические условия .....  | 23  |
| 1.6. Гидрохимические условия .....  | 31  |
| 1.7. Биологические сообщества.....  | 42  |
| 1.8. Загрязнение вод северной части Каспийского моря .....  | 57  |
| <b>ГЛАВА II. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ<br/>И РАЙОНИРОВАНИЕ ДОННЫХ ПРИРОДНЫХ<br/>КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ</b> ..... | 63  |
| 2.1. Материалы и методы исследований .....  | 63  |
| 2.2. Районирование от физико-географических областей до округов...  | 67  |
| 2.3. Районирование от физико-географических районов до ландшафтов.....  | 70  |
| 2.4. Морфологическое (внутриландшафтное) районирование.....   | 74  |
| 2.5. Количественное обоснование дифференциации ДПК ранга областей<br>и подобластей .....  | 108 |
| <b>ГЛАВА III. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ<br/>УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ</b> .....                         | 115 |
| 3.1. Методический подход к построению факторной матрицы .....   | 115 |
| 3.2. Анализ факторной матрицы всего исследуемого региона .....  | 123 |
| 3.3. Анализ факторной матрицы Северокаспийской прибрежной<br>подобласти .....   | 128 |
| 3.4. Анализ факторной матрицы Северокаспийской приглубой<br>подобласти .....  | 130 |
| 3.5. Анализ факторной матрицы Северной части Среднекаспийской<br>области .....  | 131 |

|  |     |
|--|-----|
| ГЛАВА IV. ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ ИЗМЕНЕНИЯ<br>ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОДВОДНЫХ<br>ЛАНДШАФТОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ .....   | 137 |
| 4.1. Природные и антропогенные факторы воздействия на уровень<br>Каспийского моря .....  | 137 |
| 4.2. Влияние изменений уровня Каспийского моря на устойчивость ряда<br>компонентов ДПК его Северного региона.....  | 147 |
| <br>   |     |
| ГЛАВА V. РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО<br>УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ<br>ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ ..   | 153 |
| 5.1. Нефтепромыслы Северного Каспия.....   | 153 |
| 5.2. Загрязнение окружающей среды при эксплуатации платформенных<br>структур.....  | 155 |
| 5.3. Мировой опыт использования платформенных структур .....   | 165 |
| 5.4. Оценка ресурсного потенциала подводных ландшафтов Северного<br>региона Каспийского моря .....   | 168 |
| 5.5. Расширение сети особо охраняемых природных акваторий в целях<br>восстановления деградированных подводных ландшафтов Северного<br>региона Каспийского моря ..... | 174 |
| <br>   |     |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....   | 185 |
| <br>   |     |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....  | 195 |
| <br>   |     |
| СОДЕРЖАНИЕ .....   | 208 |

**CONTENT**

|   |     |
|---|-----|
| INTRODUCTION .....  | 5   |
| CHAPTER I. Physiographic CHARACTERISTICS OF THE CASPIAN' SEA<br>NORTHERN REGIO .....                              | 11  |
| 1.1. The geographical position and the main morphometric characteristics ..                                       | 11  |
| 1.2. The geological structure .....   | 12  |
| 1.3. . Geomorphological features.....   | 14  |
| 1.4. Hydrometeorological conditions .....   | 19  |
| 1.5. Hydrological conditions .....  | 23  |
| 1.6. Hydrochemical conditions .....   | 31  |
| 1.7. Biological community .....   | 42  |
| 1.8. Water pollution northern part of the Caspian Sea .....   | 57  |
| CHAPTER II. Physiographic CLASSIFICATION AND ZONING<br>BOTTOM NATURAL COMPLEX OF THE NORTHERN<br>CASPIAN SEA..... | 63  |
| 2.1. Materials and methods of investigations.....   | 63  |
| 2.2. Zoning from the physiographic regions to districts .....   | 67  |
| 2.3. Zoning from the physical-geographical areas to landscapes .....  | 70  |
| 2.4. Morphological (intralandscape) zoning .....  | 74  |
| 2.5. Quantitative study of differentiation BNC rank regions and subregions .                                      | 108 |
| CHAPTER III. APPROACHES TO DEFINITION OF THE Northern<br>Caspian' ecosystem SUSTAINABILITY.....                   | 115 |
| 3.1. The methodical approach to the construction of the factor matrix.....  | 115 |
| 3.2. The analysis of the factor matrix for the whole investigated region .....                                    | 123 |
| 3.3. The analysis of the factor matrix North Caspian coastal subregion.....                                       | 128 |
| 3.4. The analysis of the factor matrix North Caspian deeper subregion .....                                       | 130 |
| 3.5. The analysis of the factor matrix of the Northern part of the Middle<br>Caspian region.....                  | 131 |

|  |     |
|--|-----|
| CHAPTER IV. Relationships of cause and effect of change of the main components of underwater landscapes of the Caspian Sea ...           | 137 |
| 4.1. Natural and anthropogenic impacts on the Caspian Sea level .....  | 137 |
| 4.2. Effect of changes in the Caspian Sea level on the stability of a number of components BNC its Northern region.....                  | 147 |
| <br>   |     |
| CHAPTER V. DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF RATIONAL MANAGEMENT FOR THE NORTHERN CASPIAN' SEA underwater landscapeS NATURAL RESOURCES ..... | 153 |
| 5.1. North Caspian Oil fields.....   | 153 |
| 5.2. Environmental pollution during operation platform structures.....   | 155 |
| 5.3. World experience of using platform structures .....   | 165 |
| 5.4. Evaluation of the Northern Caspian' Sea underwater landscapes resource potential.....   | 168 |
| 5.5 Expansion of the network of protected waters in to restore degraded underwater landscapes of the North Caspian Sea.....              | 174 |
| <br>   |     |
| CONCLUSION .....   | 185 |
| <br>   |     |
| LIST OF LITERATURE .....   | 195 |
| <br>   |     |
| CONTENT1 .....   | 208 |

Научное издание

Н.Н. Митина, Б.М. Малашенков, Л.А. Телитченко

**ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ  
СЕВЕРНОГО КАСПИЯ:  
СТРУКТУРА, ГИДРОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА**

ISBN 978-5-906592-5-69



**Отв. редактор чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян**

*Утверждено к печати Ученым советом  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН)*

*Издано при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
грант № 16-35-10295/16*







**МИТИНА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА** — доктор географических наук, профессор кафедры отраслевого и природно-ресурсного управления факультета государственного управления МГУ имени М.В. Ломоносова. Применяя количественные методы в комплексных физико-географических исследованиях, Н.Н. Митина развивает направление, заключающееся в разработке методологии определения природного ресурсного потенциала морских и пресноводных ландшафтов, выявлении допустимых антропогенных нагрузок на их экосистемы и прогнозировании их трансформации при глобальном и региональном изменениях климата. Н.Н. Митина — автор

5 монографий и более 140 научных публикаций. Лауреат международной программы Фулбрайт по обмену учеными 2002 г. и Национальной премии 2016 г. «Подводный мир».



**МАЛАШЕНКОВ БОРИС МИХАЙЛОВИЧ** кандидат географических наук, доцент кафедры отраслевого и природно-ресурсного управления факультета государственного управления МГУ имени М.В. Ломоносова. Б.М. Малашенков развивает направление, связанное с исследованием процессов стабильности и изменчивости донных природных комплексов и проблемой восстановления деградированных морских экосистем. Ряд его публикаций посвящен разработке методических подходов к оценке природно-ресурсного потенциала подводных ландшафтов. В течение последних лет занимается

изучением последствий разработки нефтегазодобывающих структур на морском шельфе, вопросами физико-географической классификации и ландшафтного районирования южных морей.



**ТЕЛИТЧЕНКО ЛЕОНОРА АНАТОЛЬЕВНА** — кандидат биологических наук, доцент, более 30 лет проработавшая на кафедре гидробиологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В сфере ее научных интересов входят проблемы загрязнения водных экосистем и вопросы самоочищения водоемов. Л.А. Телитченко — автор более 40 научных публикаций.