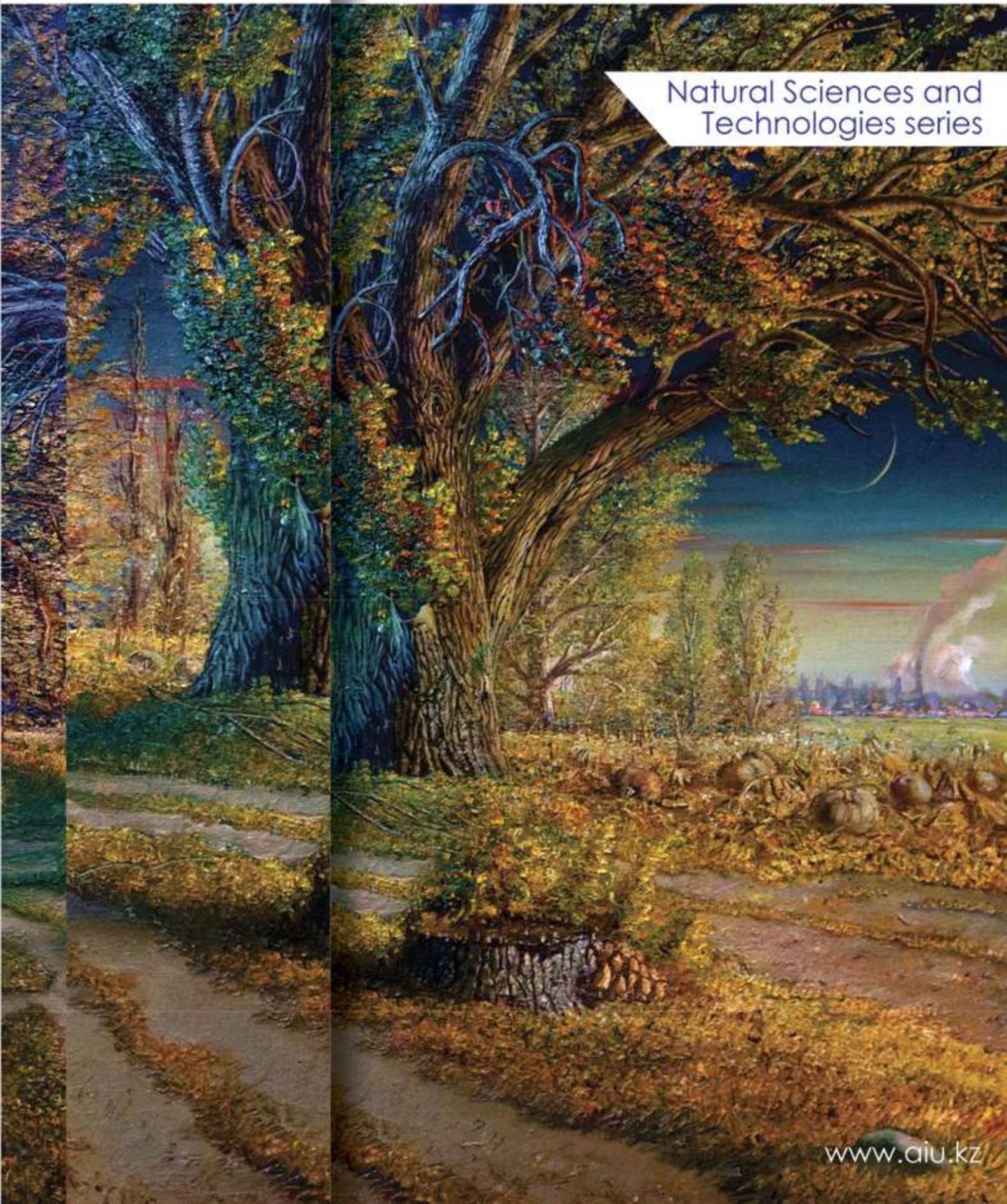


No. 3 (1) 2020

INTERNATIONAL  
SCIENCE REVIEWS



Natural Sciences and  
Technologies series





# **INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS**

## **Natural Sciences and Technologies series**

*Has been published since 2020*

**№3 (1) 2020**

Nur-Sultan

**EDITOR-IN-CHIEF:**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS RK, Professor  
**Kalimoldayev M. N.**

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
**Myrzagaliyeva A. B.**

**EDITORIAL BOARD:**

**Akiyanova F. Zh.**

**Seitkan A.**

**Baysholayev S. S**

**Zayadan B. K.**

**Salnikov V. G.**

**Zhukabayeva T. K.**

**Urmashev B.A**

**Abdildayeva A. A.**

**Chlachula J.**

**Redfern S.A.T.**

**Cheryomushkina  
V.A.**

**Bazarnova N. G.**

**Mohamed Othman**

**Sherzod Turaev**

- Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazakhstan)
- PhD, (Kazakhstan)
- Candidate of Geographical Sciences, Associate professor (Kazakhstan)
- Doctor of Biological Sciences, Professor (Kazakhstan)
- Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazakhstan)
- PhD, (Kazakhstan)
- Candidate of Physical and Mathematical Sciences, (Kazakhstan)
- PhD, (Kazakhstan)
- Professor, Adam Mickiewicz University (Poland)
- PhD, Professor, (Singapore)
- Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia)
- Doctor Chemical Sciences, Professor (Russia)
- Dr. Professor (Malaysia)
- Dr. Associate Professor (United Arab Emirates)

Editorial address: 8, Kabanbay Batyr avenue, of.316, Nur-Sultan,

Kazakhstan, 010000

Tel.: (7172) 24-18-52 (ext. 316)

E-mail: [natural-sciences@aiu.kz](mailto:natural-sciences@aiu.kz)

**International Science Reviews NST - 76153**

**International Science Reviews**

Natural Sciences and Technologies series

Owner: Astana International University

Periodicity: quarterly

Circulation: 500 copies

**CONTENT**

Смаилов А.А ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ НА АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ .....	17
--	----

## ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ НА АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Смаилов А.А.

**Аннотация.** В статье представлен опыт наблюдений за нефтеразливами и их влияния на территории акватория Каспийского моря. В работе описаны влияние нефтеразливов на биоразнообразие акватория, связь живых организмов и их популяцией на территории Каспийского моря. Широкий объем данных позволил провести анализ существующих проблем нефтезагрязнений и выбрать оптимальные решения по обнаружению разливов нефти и нефтепродуктов. Значительное внимание уделяется практическому использованию данных ДЗЗ. На основе анализа успешно примененных методик обнаружения, выделены наиболее образцовые и разнохарактерные решения космического мониторинга районов добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов. Основные идеи данной статьи могут быть использованы для проведения аналогичных исследований на других водных объектах.

**Ключевые слова:** Дистанционное зондирование Земли, Каспийское море, Нефть/нефтесодержащие продукты, Биоразнообразие

### INTRODUCTION

Каспийское море является внутренним континентальным бессточным водоемом, обладающим высокой чувствительностью и уязвимостью к антропогенному воздействию, в которой сложно воздействуют геологические, гидроклиматические, антропогенные и космические факторы. В настоящий момент на акватории Каспийского моря продолжается активная деятельность по освоению нефтегазовых месторождений. На освоение Каспийского моря вовлекаются значительные природные, технические и трудовые ресурсы. Каспийское море – это своего рода центр наибольшей на нашей планете впадины, более того, оно – реликт, донесший до наших дней уникальную фауну и флору, в том числе мировое стадо осетровых рыб.

**Целью** данной работы является определение наиболее опасных зон Каспийского моря, влияющих на биоразнообразие, акватория с помощью космического мониторинга на основе ДЗЗ.

### Задачами исследования являются:

- 1) Определение экологической характеристики Каспийского моря;
- 2) Изучение современных научно-теоретических подходов к изменению водного баланса и прогноза уровня Каспия;
- 3) Определение нефтеокисляющих бактерий в воде и грунтах Каспийского моря;
- 4) Наблюдение за антропогенным эвтрофированием и его экологическим последствием в Каспийское море

**Актуальность и предмет исследования.** Главная причина внимания заключается в том, что само море и его побережья – это настоящая кладовая всевозможных природных богатств, используемых человеком. Побережье моря и

морское дно хранят в себе огромные запасы нефти, газа и др. ископаемых. Богатство Каспия разнообразно, оно имеет большое значение в экономике прикаспийских государств, в жизни миллионов людей, в функционировании многопрофильной промышленности и т.д.

Каспийское море – сложный водоем; его части имеют разное географическое положение; гидрохимический, гидрологический режимы, резко различаются своей продуктивностью, особенностями круговорота веществ. Например, если самая продуктивная часть моря – Северный Каспий – зимой скован льдами и биохимические процессы в нем почти прекращаются, то в Среднем и Южном Каспии процветают холодолюбивые формы планктонных организмов.

О загрязнении Каспия имеются достаточные сведения, но в большинстве из них констатируются факты общего характера. Особенно весьма скучны данные о биологическом распаде, с участием основных минерализаторов, о роли микроорганизмов в окислении нефти и углеводородов нефтяного происхождения в условиях моря. В связи с вышеизложенным, планомерное изучение микробиологического режима, закономерностей продуцирования органического вещества фитопланктона, деструкции органического вещества воды и донных отложений, как основы формирования общей биологической продуктивности по всем частям и участкам Каспийского моря.

Основными антропогенными факторами загрязнения вод и донных отложений нефтью являются регламентные работы при транспортировках нефти, аварийные разливы при транспортировке и добыче нефти на морском шельфе, сброс промышленных и бытовых сточных вод, и мусора.

Проблема загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами в результате человеческой деятельности, связанной с использованием нефти и нефтепродуктов, бесспорно является одной из наиболее значимых экологических проблем не только в Казахстане, но и во всем мире. В этой связи, одной из важнейших задач научно-прикладных исследований является разработка эффективных способов обнаружения и идентификации загрязнений нефтью и нефтепродуктами.

Полученные результаты дают основание оценить экологическое состояние уникального водоема – Каспия, определить трофические связи в каждом регионе и биотопе в отдельности и всего моря в многолетнем и сезонном аспектах. Во многом, будучи новыми, полученные результаты также могут использоваться и для расчета биотического баланса биогеохимического круговорота элементов, и для разработки схемы энергетики экосистемы Каспия и создания ее модели.

Рассчитана на микробиологов, экологов, гидробиологов, ихтиологов, преподавателей соответствующих учебных заведений и др. специалистов.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Каспийское море – величайший на земном шаре изолированный бессточный водоем. Уровень Каспийского моря лежит на 28,5 м ниже уровня Мирового океана и претерпевает значительные изменения. Имеющиеся данные по морфометрии Каспия неоднозначны. Берега Каспийского моря чрезвычайно разнообразны по своему ландшафту. Северные берега слабо наклонены к морю, окаймлены широкой полосой ветровой осушки, которая периодически затапливается при нагонах и обнажается при

сгонах. Как следствие общего понижения уровня Каспия, на месте бывших мелководных заливов образовались обширные каспийские солончаки – соры. Берега изобилуют мелкими островами, протоками, лагунами, а в дельте Волги имеются многочисленные озера. С падением уровня моря морской край дельты значительно выдвинулся в сторону моря – на 30-40 км (Гюль и др., 1971; Леонтьев, 1965, 1969), а теперь опять заливается водой.

Изучение прошлых и настоящих изменений в жизни дельты представляет большой научный интерес и имеет актуальное значение для народного хозяйства, в частности для рыбной промышленности.

Вопросы формирования дельты в связи с колебаниями уровня моря в многолетнем аспекте рассмотрены Е.Ф.Балевич (1958), Г.К. Гюль и др. (1971). В дельте отмечается пять систем протоков: Бузан, Болда, Камызяк, Старая Волга, Бахтемир.

К югу от устья Волги тянется низкий отмелый берег, пересеченный протоками и ильменями, выступающими косами и мысами. Море здесь образует Кизлярский залив, за которым начинается дельта Терека. Терек впадает в мелководный Аграханский залив, отделенный от моря одноименным полуостровом. У северной оконечности полуострова находятся низкие аккумулятивные Чеченские острова, а в 38 км к северу расположен о-в Тюлений.

От основания Аграханского полуострова на юго-юго-восток до Апшеронского полуострова тянется ровный приглубый берег. Далеко на восток выступает в море Апшеронский полуостров, восточная оконечность которого окаймлена банками и мелкими островами Апшеронского архипелага (Жилой, Пираллахи, Нефтяные Камни и др.). Южнее к морю подходят отроги Кавказа, отделенные от моря узкой низменной равниной, которая на юге сливается с обширной Кура-Араксинской низменностью. Берег здесь низменный, сильно заболоченный, севернее устья Куры – ровный. Вдоль берега, на материковом склоне, расположено большое количество банок, островов (Бакинский архипелаг) и грязевых вулканов. Южнее устья Куры берег осложнен косами (Куринская, Сара), мелководными заливами. Самый большой из них – Кызылагачский залив.

От Горганского залива берег поворачивает круто на север. До 39-й параллели он отмелый, очень ровный и низменный, образованный, так же, как и примыкающая к нему равнина, отложениями некогда впадающих в море рек. Севернее берег остается отмелью и низким, но осложняется полосой больших заливов и бухт. Общее меридиональное направление сменяется изгибами; в море выступает п-ов Челекен, к югу от него расположен обширный мелководный Туркменский залив, отделенный от моря Южно-Челекенской косой и песчаным о-вом Огурчинским. К северу от Челекена находится мелководный Красноводский залив, отчлененный от моря Северо-Челекенской и Красноводской косами. Берега залива сильно изрезаны и низки, за исключением северного, где море подходит вплотную к обрыву Красноводского плато.

Пересыпь отделяет от Каспийского моря самый большой его залив Кара-Богаз-Гол площадью 12 000 км<sup>2</sup> и глубиной до 10 м. Дно его почти плоское за счет интенсивной аккумуляции.

Севернее мыса Бекдаш к морю вплотную подходит западный уступ плато. Берег обрывистый, приглубый на всем протяжении от мыса Бекдаш до Мангышлакского залива. Береговая линия на этом участке неровная. В сушу вдается Казахский залив. К северу от Казахского залива в море выступает ряд мысов (Ракушечный, Песчаный и др.). Северо-западная оконечность Мангышлака далеко выступает в море и называется п-овом Тюб-Караган.

По особенностям рельефа котловина Каспийского моря естественно разделена на три части: Северный, Средний и Южный Каспий.

Рельеф Северного Каспия неоднороден, особенно в предустьевом взморье. Глубина нарастает по направлению к югу. От устья Урала на юго-запад тянется Уральская бороздина – пологое, незначительное понижение дна с глубинами до 9-11 м, тогда как в окружающем районе глубины не превышают 6 м. В глубоководных частях моря – Среднем и Южном Каспии – выделяются шельф, материковый склон, дно котловин, а в Южном Каспии – и подводные хребты.

В геоморфологическом отношении Средний Каспий представляет собой впадину, границей которой на севере служат Мангышлакский, а на юге – Апшеронский пороги. Глубоководная часть Среднего Каспия, по мнению некоторых авторов, является сочетанием трех впадин. Самая глубокая из них – Дербентская котловина с плоским, несколько наклоненным на юго-запад дном.

Шельф в районе Дербента и Дивичи наиболее узок (до 11 км), а материковый склон наиболее крут (до 1°). К югу шельф расширяется, а материковый склон становится пологим. В районе Апшеронского полуострова на шельфе имеются тектонические поднятия в виде банок и островов. Средняя глубина Среднего Каспия 215 м. Бровка шельфа приблизительно совпадает с глубиной 100 м, а сам шельф занимает 56% площади Среднего Каспия (Пахомова, Затучная, 1966).

Южный Каспий отделяется от Среднего Каспия подводной возвышенностью – Апшеронским порогом, 46% площади которого занято шельфом с глубинами до 100 м. Средняя глубина составляет 327 м, максимальная – 1025 м.

Шельф западного побережья к югу от Апшеронского полуострова имеет много банок, островов, грязевых вулканов. Самым расчлененным участком восточного шельфа является причелекенский. К югу от Челекена простираются о-в Огурчинский и банка Ульского, Грязный вулкан и др. Бровка шельфа погружена глубже, чем в западном районе Южного Каспия.

Материковый склон в Южном Каспии очень крут, восточный склон более пологий, чем западный.

Очертания глубоководной Южнокаспийской впадины извилисты: на севере она как бы вдается между подводными хребтами. К югу неровности постепенно исчезают, и на большей части впадины дно выровненное. Южнокаспийская впадина очерчена глубиной 800-900 м.

Между впадиной и Апшеронским порогом расположены два надводных хребта южного и юго-западного направления с относительной высотой 200-250 м.

Осадкообразование в Каспийском море происходит в очень сложных условиях. Современные донные отложения Каспийского моря по генетическим

признакам, механическому и вещественному составу существенно различаются.

По материалам ряда авторов, в северной части моря преобладающим типом морских отложений является крупный алеврит. Здесь отлагаются преимущественно крупнозернистые осадки терригенного происхождения: песок и илистый песок. Это объясняется гидрологическим режимом Северного Каспия: ветровыми течениями, волнением в условиях мелководья и незначительными уклонами дна. Тонкие осадки – илы и песчанистые илы – залегают в Уральской бороздине (Салманов, 1968). В юго-западном районе, находящемся под воздействием волжского стока, отлагаются илистые осадки терригенного происхождения.

Центральная часть Северного Каспия является областью преимущественно биогенной аккумуляции. Вынос биогенных веществ волжскими водами создает условия, благоприятствующие жизнедеятельности организмов. Во многих местах центральной части района образуется корка совсем иной цементации, когда битая ракушка цементируется выпадающим из воды на дно карбонатом кальция.

В Среднем Каспии наблюдается закономерная смена типов осадков от мелководного побережья до больших глубин. В прибрежной части, в зоне активного действия, дно покрыто песком с включением ракушки, гальки и гравия. Далее под влиянием выносов рек пески сменяются песчанистым илом с отдельными пятнами ила, расположенными против устьев рек или в местах размыва древних глин. На восточном склоне Среднего Каспия в отсутствие речного стока, по данным И.А.Алексиной (1962), Н.С.Скорняковой (1962), Л.И.Лебедева (1962, 1963), главная роль в осадкообразовании принадлежит карбонатам преимущественно биогенного происхождения.

В последнее десятилетие в связи с бурным развитием диатомовых водорослей, особенно ризосолении калкаравис, в Каспийском море встречаются также диатомовые отложения. Они обнаружены в основном в северо-западной части Среднего Каспия и в районе Апшеронского порога. Дно центральной глубоководной части Среднего и Южного Каспия покрыто тонкими илами. В южной части Каспийского моря, на склоне восточного побережья, сохраняются в общем такие же грунты, как и в средней части. По данным Л.С. Куликовой (1962, 1966), дно до глубины 50-70 м покрыто грубозернистыми карбонатными осадками – ракушечно-эолитовым песком с примесью ракушки.

Климат Каспийского моря определяется его географическим положением, атмосферой, циркуляцией, рельефом прилегающей суши и тепловым влиянием вод моря. Все это обуславливает различие климатических условий в разных частях моря. Северные и восточные берега низменны и открыты для свободного проникновения воздушных масс с севера и востока, что создает континентальность климата прилегающих районов моря. Климат западной части Среднего и Южного Каспия умеренно теплый. Рельеф юго-западного и южного побережий горист и поэтому способствует обилию осадков; климатические условия приближаются к морским субтропикам.

Ветровой режим Каспийского моря определяется влиянием основных центров атмосферы. Согласно многолетним данным (Мадатзаде, 1959; Гюль и др., 1971), в Северном Каспии ветер направлен с восточной и западной сторон.

Над северной частью моря в холодное полугодие преобладают ветры восточной четверти (50-70%), в теплое – увеличивается повторность ветра северо-западных направлений. Средняя скорость ветра любых румбов составляет приблизительно 4 балла.

В южной и средней частях моря на фоне крупномасштабных процессов некоторое влияние на ветровой режим оказывает и муссонная циркуляция.

У западного берега Среднего Каспия (Махачкала, Дербент) резко выражены северо-западные ветры. Южнее, у Апшеронского полуострова, преобладают северные, а на юге – ветры северо-восточного направления.

Вообще по всей акватории сила ветра зимой больше, чем летом. Повторяемость ветра большой силы, как и на любом море, имеет место у выдающихся в море выступов: Апшерон, Тюб-Караган, Махачкала. В этих местах может быть до 70-90 штормовых дней в году. Самыми спокойными являются области, защищенные горами: иранское и дагестанское побережье, где средняя скорость ветра за год равна 2 баллам. Лишь иногда в холодное полугодие здесь дуют сильные, специфические сгонные ветры-фены, очень теплые и сухие. Суточный ход скорости ветра выражен не ярко, но в общем ветры днем сильнее, чем ночью. На побережьях в теплое время года наблюдаются бризы.

Абсолютные значения и изменения температуры воздуха по всей акватории неодинаковы. Однако всюду июль – самый теплый месяц, январь – самый холодный. Общей особенностью всего моря являются высокие летние температуры: 28-32° на востоке и 27-30° на западе моря (Гюль и др., 1971; Салманов, 1998).

Климат северной части моря континентальный. В январе-феврале среднемесячная температура воздуха понижается с юго-запада на северо-восток от 1° у о-ва Чечень до 10° у Атырау. В северо-восточной части моря возможны морозы до –35°. Континентальность уменьшается на юго-западе.

Средняя годовая температура изменяется с севера на юг от 8° в Атырау до 15-16° на иранском берегу. Число дней с морозом в Атырау 130, в Гоушехре (Иран) – 4.

Годовая сумма осадков над всем морем в среднем составляет около 200 мм. На южном и юго-западном берегу выпадает значительное количество осадков, а на участке Ленкорань–Сефидруд оно превышает 1000 мм. Самым влажным местом на всем море является Пехлеви (1543 мм).

В северной части моря осадки почти равномерно распределены по сезонам. По мере движения на юг наблюдается все более отчетливый сезонный ход осадков. На восточном берегу наблюдается очень засушливое лето. Например, на Челекене выпадает всего 10% годовой суммы осадков, небольшой в этом районе.

Такой же годовой ход осадков имеет место во влажных районах моря: 50% годовой суммы выпадает осенью и 30% – зимой; у дагестанского побережья минимум осадков приходится на весну и лето – 40%.

Повсеместно дожди выпадают значительно чаще, чем снег, даже в Атырау, самом холодном месте на Каспии, в году всего 27 дней с твердыми осадками.

Распределение облачности совпадает с распределением относительной

влажности и осадков. В северных и восточных районах облачность равна летом 30-35%, зимой – 60, в остальных районах соответственно – 40 и 80%.

Из-за незначительной облачности в восточной части моря устанавливается солнечное сияние очень большой продолжительности, какое редко наблюдается на планете. В свою очередь, длительностью солнечного сияния и низкой относительной влажностью объясняется значительное испарение – в среднем 1000 мм в год.

Изучением водного баланса Каспийского моря занимались многие исследователи. Первые фундаментальные исследования проведены в Государственном гидрологическом институте под руководством Б.Д. Зайкова в 1940-1946 гг. Позднее были уточнены элементы водного баланса.

Сток и осадки составляют приходную часть водного баланса; испарение и сток в залив Кара-Богаз-Гол – расходную. Водный баланс Каспийского моря (в км<sup>3</sup>).

Течения на предустьевом взморье вызываются стоком Волги, ветром и разностью отметок уровня в различных районах Северного Каспия. В самой мелководной части предустьевого взморья преобладают токовые течения, в зоне от бара до свала глубин – дрейфо-градиентные течения. На свале глубин проходит граница Среднего Каспия. Волжские воды на взморье делятся на два основных потока – западный и восточный.

Следует отметить, что в сложных процессах формирования циркуляции воды в Каспии большое значение имеют ветры. Установлено, что при ветре свыше 5 баллов направление течений в основном 70-80% соответствует направлению ветра (Гюль, 1956; Клевцова, 1966). В этом смысле в глубоководных частях моря течения стабильны, система течений подчиняется господствующему во времени и пространстве атмосферному переносу.

В Каспийском море для развития течений решающее значение имеет меридианный перенос, причем в холодное время года – северный. Соответственно дрейфовое течение имеет южное направление. В итоге создается циклоническая циркуляция во всей глубоководной части моря, поддерживаемая зимним муссоном. Вместе с северным переносом он создает поперечную неравномерность ветра, усиливая воздушный поток у западного берега и ослабляя – у восточного.

Таким образом, вдоль западного берега течение идет на юг и над свалом глубин. Апшеронский полуостров делит идущее с севера течение на две ветки. Одна направлена на восток и, сливаясь с северным течением вблизи восточного берега, создает замкнутый круговорот (против часовой стрелки) в Среднем Каспии. Другая, главная ветвь течений направлена на юг до Ирана, далее на восток, затем на север вдоль берега, образуя такой же круговорот в Южном Каспии. Течение у восточного берега отклоняется от п-ова Тюб-Караган на запад (замыкая таким образом циркуляцию в средней части моря). Небольшая его ветвь проникает в Северный Каспий.

Течения в южной части моря образуют слабо выраженный круговорот по часовой стрелке. Процессы, формирующие летнюю циркуляцию вод Каспийского моря – южный перенос и летний муссон, – слабее в 2 раза, чем зимой, а потому ее устойчивость значительно меньше.

Для каждой части Каспийского моря характерны особые гидрометеорологические условия. В связи с этим естественным делением большой интерес представляет водообмен через пограничные сечения между северной и средней частями (о-в Чечень-п-ов Мангышлак) и между средней и южной частями (Апшеронский порог).

Каспийское море считается одним из неспокойных морей. При частых и сильных ветрах волнение за короткое время достигает штормовой силы. Южная часть – самое спокойное место моря. Апшеронский порог и западная часть Среднего Каспия самые бурные. Развитие волнения зависит от скорости, продолжительности и направления ветра. У берегов и в северной части моря волнение ограничено глубиной. Для расчета ветрового волнения применена типизация полей ветра над морем. Выделено шесть типов сильных ветров; наиболее важные из них северо-западный, северный и южный; повторяемость полей волн соответственно 51, 30 и 17%.

При северо-западном типе наибольшая сила волнения наблюдается в Апшеронском морском районе и в сопредельной области Среднего Каспия. При жестоких штормах высота волны здесь может достигать 14 м. Штормы наиболее часты осенью и зимой и редки – весной.

Средняя и южная части моря зимой не замерзают. Зимняя вертикальная циркуляция в Среднем Каспии проникает до глубин 200 м. Температура, которая устанавливается к февралю в слое, охваченном конвекцией, ниже всего у кромки льда, где проходит холодное течение, и на мелководьях вблизи восточного берега. Район, наиболее удаленный от берега и мелководий, самый теплый зимой.

Температура воды в глубоких слоях Среднего и Южного Каспия, по нашим наблюдениям, колеблется незначительно (от 5 до 7°).

В среднем и южном глубоководных районах моря течения перераспределяют тепло таким образом, что температура понижается к западному берегу. Температура воды на поверхности Южного Каспия, по данным Бакинской ГМО, в апреле такая же, как и на поверхности Северного Каспия.

Так как гидрологическое лето в Северном Каспии наступает раньше, чем в Южном (соответственно июль-август), в августе отмечается понижение температуры поверхности воды с севера на юг примерно на 3-6°. Летом вблизи восточного берега Среднего Каспия наблюдается пониженная температура воды: в среднем за август в Бекдаше и порту Актау 19,5 и 20,5° против 23 и 24° в Изберге и Махачкале. В центральном районе вода на поверхности несколько теплее.

Понижение температуры у берегов, видимо, следует за установлением антициклонической системы течений, когда, согласно теоретической схеме течений, в замкнутом море происходит поперечная циркуляция. В результате от берега к центру моря, затем вертикально вниз, а в нижних горизонтах – к берегу и, наконец, у берега – вертикально вверх (т.е. происходит подъем вод). Этим и объясняется наличие летней аномалии температуры в районах Бекдаша, Сенгерли, где температура воды в августе снижается до 10-16°.

С августа в северном районе моря и с сентября в южном начинается охлаждение, что при продолжительном проникновении тепла вглубь ведет к

уменьшению разницы температуры.

Вертикальное перемешивание, связанное с охлаждением, быстро охватывает слой до 30-60 м. На этой глубине в Каспийском море находится термоклин – слой, обладающий большой вертикальной устойчивостью, который задерживает продвижение перемешивания вглубь. Гидрологические разрезы в конце ноября обнаруживают гомотермию до глубины 30-50 м, следовательно, полную однородность вод Северной части Каспия и мелководий остальной части моря от поверхности до дна.

Вторая верхняя каспийская водная масса занимает Средний и Южный Каспий до глубины проникновения вертикальной конвекции (100-200 м). Величина сезонных колебаний температуры уменьшается до нуля. Таким образом, в верхней каспийской водной массе наблюдаются сезонные изменения температуры. В холодное время года она почти однородна по вертикали, в теплое – на глубине 30-50 м, как уже указано, имеет термоклин. Глубже 200 м в Среднем и 100 м в Южном Каспии лежат воды с неизменной от сезона к сезону температурой. Они заполняют соответственно Дербентскую и Южнокаспийскую впадины.

Таким образом, водообмен между впадинами, вертикальная конвекция и турбулентный обмен с вышележащими водами затруднены. Во впадинах залегают воды с очень консервативными свойствами и пониженным содержанием кислорода.

Температура глубинной воды в Среднем Каспии 3,9-5,2°, в Южном 5,7-6,3°, т.е. равна приблизительно температуре гомотермного слоя, лежащего выше в период наибольшего развития вертикальной конвекции. В последнее время отмечается улучшение вентиляции глубинных вод. Этот процесс связан с увеличением пресного стока в Каспийское море. Соленость вод Северного Каспия постепенно снижается. Зимой на мелководьях плотность воды позволяет ей опускаться до дна впадин. Температура этих вод несколько ниже температуры вод, заполняющих впадины, а насыщенность кислородом больше.

Таким образом, глубинные водные массы (среднекаспийская и южнокаспийская) обновляются снизу, а их верхние слои вытесняются в толщу, охваченную зимней конвекцией и подверженную сезонным изменениям, и трансформируются в каспийскую поверхностную водную массу.

За последние 40 лет температура глубинных вод понизилась в среднем на 0,1°. Это понижение заметнее у дна, на границе с поверхностной водой, и в Дербентской впадине оно больше, чем в Южнокаспийской.

Изменение солености Каспийского моря тесно связано с гидрометеорологией, водным балансом и относительным содержанием солеобразующих компонентов в нем. Результаты расчетов солевого баланса моря показывают, что средняя соленость Каспия за 60 лет остается стабильной – 12,82-12,86%. По литературным данным, резкое изменение солености в Северном Каспии и в предустьевых зонах рек западного прибрежья Среднего и Южного Каспия происходит в результате опреснения и носит сезонный характер.

Волжские воды опресняют в основном западную часть Северного Каспия, а выносимые в море восточными рукавами – северо-восточную зону. В юго-западном направлении течения речных вод опреснение доходит до Среднего Каспия. В

Северном Каспии соленость снижается от 12,5 до 3‰. Воды рек Урал, Терек, Сулак, Самур и Куры опресняют предустьевые пространства, а в период половодья – мелководные районы участков смещивания.

Соленость Каспийского моря изменяется и в пространственном отношении. Она возрастает с севера на юг и с запада на восток, что связано с опреснением и испарением. Максимальная соленость отмечается в мелководных заливах – бухтах восточного побережья – 14-14,15‰ (Семенов, 1979). В открытых частях моря соленость достигает 12,80-12,90 ‰. С глубиной средние величины солености возрастают незначительно – 0,02-0,2‰.

В Северном Каспии за последние годы соленость уменьшилась в среднем на 0,3‰, а в остальных частях моря ее снижение не превышает 0,1 ‰ (Катунин, соавт., 1992).

## **СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗМЕНЕНИЮ ВОДНОГО БАЛАНСА И ПРОГНОЗА УРОВНЯ КАСПИЯ**

Известно, что чередование водного баланса, т.е. цикличность уровневого режима Каспийского моря, свойственная его природе, является для него закономерностью.

О колебании уровня Каспия имеются достаточно обширные исторические сведения. Поэтому можно предположить, что и в прошлом на Каспии возникали не менее драматические ситуации, чем в наши дни. Так, по мнению Л.Н. Гумилева (1980), колебания уровня явились одной из причин исчезновения племени Хазар и созданной им мощной империи и т.д. Цикличность уровня Каспия и в наши дни причиняет немало ущерба государствам, сотне тысяч людей, населяющих его прибрежья. При каждой регрессии и трансгрессии коренным образом изменяется экологическая стабильность формирования биоценозов прибрежной окружности моря, устьевые области рек, то сокращается, то увеличивается площадь моря, меняется трофический его статус и мн. др. Поэтому познания причин колебания уровня и его прогноз всегда были предметом научного поиска, спора специалистов.

По литературным источникам, с 1926 г. уровень с положения – 26 м стал быстро падать и к 1977 г. достиг отметки -29,02 м, но с 1978 г. неожиданно для многих специалистов, столь же быстро поднялся и к концу 1994 г. достиг отметки – 26,5 м абсолютной высоты (Мамедов, 1996, 1998). Обширная геологическая, палеогеографическая, археологическая, историческая литература по Каспию и результаты наблюдений за уровнем Каспия на его побережьях показывают, что для моря характерна целая иерархия колебаний уровня и каждое его реальное положение – результат сложения целой гаммы уровневых режимов, усиливающих либо ослабляющих тенденции поведения в какой-либо временной отрезок.

Примечательно, что современный уровень Каспия не характерен для его древних состояний, т.к. этот срок суммарная продолжительность эпох высокого стояния бассейна была в 3-4 раза больше эпох низких уровней (Свитом, 1991). Это устанавливается по данным абсолютного датирования и анализу древнекаспийских отложений. Определение абсолютного возраста каспийских отложений углеродным методом, показали, что за последние 4 тыс. лет ритмичность выделяется в 200-250 лет, а цикличность – в 450-500 лет. Согласно этим сведениям, 200-250 лет уровень Каспия

неуклонно повышается, а затем 200-250 лет – понижается. Два соседних ритма образуют один цикл, начало и конец которого характеризуется очень низким (- 35 м) уровнем моря.

Наиболее важное значение имеет изучение уровня Каспия за последние 500 лет, в течение которых низкие и высокие стояния неоднократно сменяли друг друга.

Установлено, что уровень Каспия зависит от многих факторов: объема речного и подземного стоков; количества осадков на акватории и испарения с нее; осадконакопления и степени изменения отложений бассейна (диагенез); структур неотектонической и сейсмической активности; рельефа прибрежий и т.д. Это прямые причины, непосредственно влияющие на колебания уровня моря. Они, в свою очередь, тесно связаны и обусловлены другими грандиозными природными явлениями: атмосферной циркуляцией, климатической цикличностью, солнечной активностью, положением региона в общей системе морфоструктур этой территории Евразии и его новейшей геодинамической активностью.

В настоящее время, кроме природных факторов, резко возросла роль антропогенных, в первую очередь безвозвратного изъятия речного стока.

Характерно, что точно не установлено, сколь значительно влияние каждого из указанных факторов. Как раз этим обстоятельством объясняется одно из основных разногласий во взглядах исследователей на причины резких колебаний уровня Каспия и прогноз его падения.

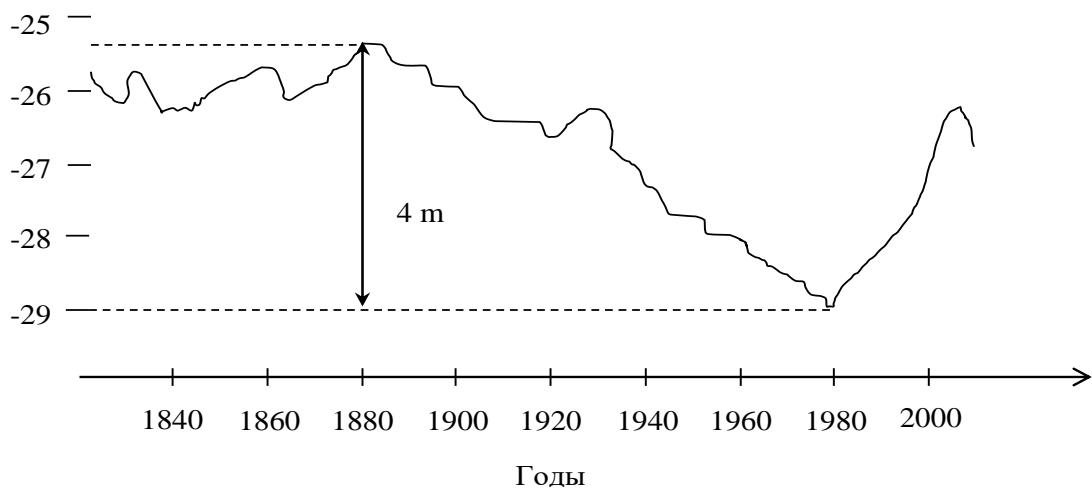
Анализ огромного количества фактического материала о колебаниях уровня, режиме впадающих в него рек за последние 160 лет дал основания предположить, что колебание уровня Каспия вызваны не причинами местного значения, а крупными атмосферными процессами. Также установлено, что при условии вековой солнечной активности уровень моря понижается, а при ослаблении – повышается. Заметное влияние геологических факторов на изменение уровня Каспия отрицается разными исследователями, обнаружившие большие количественные различия между возможными масштабами геологических воздействий и величиной реальных гидрологических событий. Так, если ежегодные изменения уровня Каспия превышают 10 см, то скорость тектонических движений, определенная по деформациям береговых линий, составляет единицы миллиметров в год. Толщина же морских грязевулканических осадков, отлагающихся за год, не превышает нескольких миллиметров.

Сопоставление всех причин и факторов колебания уровня Каспия дает основание констатировать, что главный и доминирующий фактор нестабильности и масштаба изменений уровня Каспия – гидрометеорологические. При этом для малоамплитудных колебаний роль геологических и др. факторов не исключается. Однако, в целом, роль геологических факторов на два порядка меньше гидрометеорологических причин (Свиточ, Янина, 1996). Характерными являются результаты исследования группы сотрудников Р.Мамедова (1996).

Согласно их расчетам, современные изменения уровня Каспия в основном вызваны соответствующими изменениями составляющих водного баланса и колебаниями речного стока, видимого испарения. Вклады этих составляющих водного баланса равны и близки 40%. Проведенный ими количественный анализ показывает,

что в изменениях уровня, почти во всех случаях 85-90% роли принадлежит гидроклиматическим факторам. Также выяснено, что влияние антропогенных факторов на уровень Каспия проявляется посредством водохранилищ, безвозвратным изъятием вод на орошение, покрытием поверхности нефтяной пленкой и т.д. На общем фоне, по их мнению, роль антропогенных факторов в изменениях уровня Каспия оценивается в пределах 3-5%.

Фактический ход колебания уровня Каспийского моря за последние 160 лет представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Колебания уровня Каспийского моря («Вестник Каспия», 1996, №1)**

### НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИИ В ВОДЕ И ГРУНТАХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Согласно современным данным, бактерии, окисляющие нефть и широкий спектр углеводородов нефти, распространены почти повсеместно и могут быть выделены из любой полевой, лесной почвы и в том числе из грунтов, воды морских и пресноводных водоемов, где нет нефти. Эти сведения согласуются с новыми аналитическими данными о химическом составе бактериальных, растительных и животных клеток, ибо углеводороды содержатся в них, и они непрерывно синтезируются растениями, бактериями. Поэтому наличие нефтеокисляющих бактерий в воде или в грунтах не означает присутствие нефти и нефтепродуктов и не может быть категоричным доказательством эффективного распада таких субстратов. Характерно еще то, что до сих пор не удалось отметить наличие в природе строго облигатных нефтеокисляющих бактерий. Тем не менее, в биодеградации нефти и нефтепродуктов роль микроорганизмов считается одной из главных в комплексе биологических, физико-химических факторов.

Результаты многолетних исследований показали, что нефтеокисляющие бактерии выделяются из всех образцов воды (поверхностной) и грунтов Каспийского

моря (Салманов, 1975). Характерно, что в отличие от сапрофитных бактерий, качественный и количественный состав которых изменяется в зависимости от сезона года, количество нефтеокисляющих бактерий варьирует в основном по акваториям Каспийского моря. По-видимому, в связи с тем, что в фоне сапрофитов, численность нефтеокисляющих выглядит значительно меньшей, и поэтому колебания небольшого числа последних по сезонам года выражено не так заметно, как у сапрофитов.

В воде Северного Каспия численность нефтеокисляющих бактерий варьирует, в среднем, в пределах 100-1000 кл./мл. Максимальны они в западной и северо-восточной, а минимальны - в центральной частях. Вдоль западного шельфа – от р. Волги до г.Махачкалы, включая Аграханский залив, устья рек Терека, Су лака, число нефтеокисляющих достигает до 2000 кл./мл. Такая же величина отмечается в акваториях р. Урала, в мелководьях форта-Шевченко, Мангышлакского п-ва, у г. Актау, м. Сагындыка-Урдюка, Песчаного.

В центральной - глубоководной части Северного Каспия, особенно в акватории Уральской бороздины число нефтеокисляющих не превышает 100 кл./мл. В грунтах число нефтеокисляющих бактерий коррелируется с гранулометрической структурой отложений. Максимальная численность – до 20 тыс./г отмечена в грунтах Волго-Каспийского канала, у устьев рек. В зоне водообмена портов Махачкалы, форт Шевченко, Актау количество нефтеокисляющих превышает 40 тыс./г.

Определение численности нефтеокисляющих бактерий летом, весной и осенью показало, что разница в их количествах во времени составляет не более 15-20%.

Загрязнение Северного Каспия нефтью и нефтепродуктами, отмечается многими исследователями (Катунин, 1985; Бухарицин, 1992; Попова, др., 1992; Некрасова, 1992; Иванов, 1999 и др.). По их данным, в Северном Каспии ПДК концентрации нефтепродуктов варьирует от 3 – до 300.

Загрязнение Северного Каспия связано, в основном, с речным стоком и морскими месторождениями нефти. Усиленное загрязнение здесь началось в 70-х гг., когда начались освоения, разведка месторождений прибрежья – восточного и западного, особенно с появлением нефтепромыслов Каламкас, Каржанбас, Терен-Узек, Каратон, Тенгиз и др.

Повышение уровня воды моря способствует сокращению расстояния до береговых промыслов; и частые ветры, волнения промывают защитные дамбы, затапливают прибрежные нефтепромыслы. Концентрация углеводородов, по нашим данным, в воде Северного Каспия (1983) колеблется от 0,43 до 16 мг/л (весовой метод). В центральной части участка концентрация углеводородов составляет, в среднем, 0,11-0,20 мг/л. Как правило, максимальная величина свойственна речным водам и акваториям портов, где количество нефтепродуктов составляет 1,46-2,07 и 9,4-10,3 мг/л соответственно.

Наличие нефти и нефтепродуктов в грунтах Северного Каспия отмечено в отложениях портов, заливах-бухтах у городов и населенных пунктов. В иловых отложениях устьев рек визуально не отмечается наличие нефтепродуктов. По-видимому, нефть и нефтепродукты вовлекаются стоком рек в само море, а твердый нанос оседает непрерывно и в процессе интенсивной седиментации накопление

---

углеводородов на поверхности грунта затруднено. В то же время твердый сток рек, впадающих в Северный Каспий, является, как говорят, главным поставщиком общего содержания нефтепродуктов в воде.

В Среднем Каспии сравнительно с Северным Каспием численность нефтеокисляющих в воде значительно меньше и в среднем составляет 200-500 кл./мл. В зональном распределении частая встречаемость и максимальная численность характерны акваториям, прилегающим к гг. Махачкала, Каспийск, Даг-огни и Дербент, где она достигает до 1000 и более кл./мл. С сравнительно высокой численностью нефтеокисляющих бактерий выделяется восточное побережье – до 20-25 м изобат. Так, у Бекдаша, Кара-Богаз-Гола, Карабенгира, в Казахском заливе количество нефтеокисляющих составляют 400-600 кл./мл. Характерно, что в восточном шельфе сезонная флюктуация нефтеокисляющих не наблюдается. В центральной части Среднего Каспия число нефтеокисляющих бактерий минимальное и колеблется от единицы до 40-50 кл./мл. В западном шельфе минимальной численностью нефтеокисляющих отличаются акватории у г. Избербаша, где концентрация углеводорода в воде почти на порядок меньше таковой в северных и южных сопредельных участках. О концентрациях нефти в воде Среднего Каспия нет данных в литературе. Также отсутствуют сведения о количестве нефтеокисляющих бактерий в грунтах Среднего Каспия.

Выше указано численное распределение нефтеокисляющих бактерий в некоторых участках восточного шельфа. Ограничимся тем, что в донных отложениях восточного шельфа среднегодовая численность, за исключением Махачкалинского побережья, гораздо выше, чем, например, в грунтах аналогичных изобат западного шельфа. Концентрация нефтепродуктов в воде западного шельфа составляет, в среднем, 0,34-0,44 мг/л, в восточном - 0,66-1,34 мг/л. В западном шельфе особняком составляет 10 м изобата у г. Каспийска, в воде которого отмечена максимальная концентрация нефтепродуктов для всего Среднего Каспия - 2,55 мг/л.

Следует подчеркнуть, что, если нет стационарного источника поступления нефтепродуктов в тот или другой участок Каспия, то трудно констатировать экологическое состояние акватории, в том числе положение гидробионтов в нем. Ибо нефть и нефтепродукты, в основном находятся в приповерхностных слоях и легко переносятся ветром, течением в отдаленные от источника поступления акватории. В то же время связь нефтяного загрязнения с населенными пунктами, стоками рек, как постоянный фактор поступления углеводородов не вызывает сомнения. В этом отношении морские месторождения нефти играют особую роль в загрязнении Каспия нефтепродуктами, о чем будет указано ниже.

Как указано выше, вопрос нефтяного загрязнения более-менее изучен в общем смысле. Конкретных, основанных на планомерно проведенных исследованиях, данных о количествах нефтепродуктов, их биодеградации, весьма мало и имеющиеся спонтанные сведения противоречивы и недостоверны.

В указанной работе отмечается, что нефтеокисляющие выделяются или до 100 тыс./мл, или отсутствуют полностью. Причем, отсутствие нефтеокисляющих отмечается в летнем сезоне у западного и восточного шельфов в акваториях поперечных разрезов – Дербент – Песчаный, Дивичи – Кенгерли и Киязи – Бекдаш. В то же время в халистатике число нефтеокисляющих составляет 10 тыс./мл. Характерно

еще то, что весной в горизонтах 50-100, 100-200 гетеротрофы отсутствуют вовсе. Более того, по их данным, встречаемость микроорганизмов, окисляющих нефть в Каспийском море, составляет от 13,6 (Северный Каспий) до 73,6% (Средний Каспий). Парадоксом и в данном утверждении является то, что встречаемость нефтеокисляющих микроорганизмов в Южном Каспии ровно на 50% меньше таковых Среднего Каспия.

Ведь всему миру известно, что эпопея морской нефтедобычи бывшего СССР началась именно с Южного Каспия, у порога которого расположен прародитель нефтяной промышленности – г. Баку. Также, ни один участок Каспийского моря по сей день не находится как с запада, так и с востока в тисках морской нефтедобычи, в акватории которых десятилетиями поступают миллионы кубометров сточных вод нефтехимпромышленности и т.д.

Несоответствие в действительности данных указанных авторов заключается еще в том, что относительная численность нефтеокисляющих составляет 35-50% от числа гетеротрофных микроорганизмов и т.д.

В заключение следует подчеркнуть, что за более чем 40-летний период исследования нам не удалось отметить отсутствия бактерий, выделенных из нефти, причем, даже в стационарно загрязненных нефтью участках в воде численность нефтеокисляющих не превышает 8% из числа сапрофитных бактерий. Такой факт отмечается и Бушелем-Хассом в Калифорнийском заливе.

По степени загрязненности нефтью, количественно-качественному составу нефтеокисляющих бактерий Южный Каспий резко отличается от Среднего и Северного.

Прежде необходимо подчеркнуть, что исходя из вышеизложенной ситуации, Южный Каспий был основным полигоном в наших исследованиях, связанных с нефтяным его загрязнением.

Было установлено, что величина концентрации нефтепродуктов в воде Южного Каспия не постоянна и варьирует в больших диапазонах – от единицы до сотни миллиграммов на литр. В то же время нефтепродукты в западном и Южном шельфах стали как бы обычными субстратами, т.к. источники их попадания в море больше, чем достаточно.

Окруженные акватории о-вов Бакинского и Апшеронского архипелагов служили местами накопления мазута, толщиной до 15-20 см. Источники поступления нефти и нефтепродуктов в большей части находились в самом море (не уменьшились и в настоящее время). Больше всех причинили вреда – частые аварии на морских буровых, нефтехранилищах. Были обычными явлениями – из буровых нефть выливалась в море, т.к. все емкости были переполнены из-за сильных штормов, когда нефтеходы-танкера не могли сутками причаливаться к эстакадам. Таких досадных примеров очень много и аварийные случаи – массовые выбросы нефти из-за технических неполадок и др. причин и в наши дни не являются исключениями.

В загрязнении нефтью Южного Каспия роль многочисленных естественных, искусственных грифонов, подводных грязевых вулканов-извержений, является своего рода стационарным фактором. В 1986 г. в акватории о-вов Булла, Лось, Сянги-Мугань (Свиной) на огромной площади действующих 4-х грифонов количество нефти

составляло 0,940-2,08 мг/л. В воде на расстоянии 3,5-4 мили от эпицентра грифонов концентрация углекислого газа на порядок превышала таковой нормальной морской воды, фенолы превышали 600-800 ПДК, рН воды была ниже нормы на 2,4 показателя.

Достаточно констатировать, что антропогенное нефтяное загрязнение происходит и в настоящее время и проблема усугубляется в связи с эскалацией добычи, разведки, транспортировки «Большой Каспийской нефти» во всех секторах Прикаспийских государств.

Необходимо отметить также, что в Южном Каспии имеется ряд участков, которые по степени загрязненности именуются «мертвыми зонами». Таковыми являются акватория Нефтяных Камней, Бакинская, Красноводская бухты и прибрежья п-ва Челекен. В водах указанных участков количество нефти составляет 1,26-3,83 мг/л. В грунтах Нефтяных Камней – у Главного Корпуса, Причала, Главной эстакады (вдоль) количество нефти составляет до 24 г/кг, в слабо заиленных отложениях о-вов Жилого, п-ва Пираллахи она достигает до 15-20 г/кг, в грунтах Красноводского залива 1,9 (центр) – 123 (у порта) г/кг, у п-ва Челекен - 46-57 г/кг.

Бакинская бухта – это настоящая «кладовая» нефтепродуктов. Грунт здесь насыщен нефтепродуктами глубиной 3,5-5-7 м. Анализы показали, что количество нефтепродуктов в поверхностном – 20-25 см слое грунта составляет до 67% общего веса. Максимальное насыщение грунта нефтепродуктами отмечается здесь вдоль западного прибрежья бухты и по направлению к юго-востоку – у выхода в открытое море содержание нефтепродуктов в грунтах сокращается и в среднем составляет 66-71 г/кг.

Насыщение грунта нефтепродуктами свойственно и островам Южного Каспия, Пирсагатской гряды, Карадагского участка, где концентрация нефти в поверхностной воде варьирует в пределах 0,43-1,26 мг/л, а в грунтах - 0,65-2,3 г/кг (1989 г.). В восточном шельфе Южного Каспия в 60-х и 70-х гг. нефтяное загрязнение отмечалось, кроме Красноводского залива, в ограниченных мелководьях п-ва Челекен. Однако в начале 80-х гг. произошло интенсивное расширение ареала нефтезагрязнения. Как отмечено выше, летом 1983-1986 гг. на глубине 200 м в грунтах отмечали наличие мазута.

Следует отметить, что западное прибрежье Южного Каспия раньше восточного шельфа подвержено нефтяному загрязнению. Можно допускать, что и интенсивность процесса в западном шельфе была сравнительно высокая. Однако в западном шельфе наличие нефти и нефтепродуктов (визуально) в грунтах глубже 50 м не фиксировано нами. В то же время в восточном шельфе, как указано, нефть распространена значительно шире и проникла в более глубинные зоны. Характерно, что оба шельфа являются пологими и изобаты расположены почти на одинаковых расстояниях от материка.

В зональном распределении нефтепродуктов в воде западного шельфа снижение их концентрации на 25-40% отмечается в прибрежьях Бяндованского участка. Южнее его – в акваториях прикуринского района концентрация нефти в воде снова возрастает и составляет 0,46—1,23 мг/л. Южнее Куриńskiej Косы концентрация нефтепродуктов в воде составляет 0,09-0,11 мг/л, а в узкой полосе – до 10 м изобат Большого Кызылагачского залива, Ленкорань-Астаринского разрезов средняя концентрация угле-

водородов нефтяного происхождения составляет 0,30-0,41 мг/л. Наличие нефти в грунтах отмечается в прибойной полосе берега.

В распределении нефтеокисляющих бактерий в Каспийском море трудно отдать предпочтение конкретному фактору, т.к. на одних участках их количество коррелируется с наличием легко-минерализуемых субстратов, на других участках - высокой численностью и общей массой микрофлоры, фактором сезона и т.д.

Причем, отмеченные в одном регионе взаимосвязи между численностью нефтеокисляющих и трофическим статусом, термическим режимом, в другом регионе мало оказывает влияние на популяции и физиологическую активность культур-бактериоценозы. В то же время в максимально загрязненных нефтью участках численность растущих в нефти бактерий во всех сезонах остается максимальной. В этом отношении более показательны результаты многолетних исследований в западном шельфе Южного Каспия (табл. 1).

*Таблица 1. Численность нефтеокисляющих бактерий (тыс./мл) и концентрация нефтепродуктов (мг/л) в воде западного шельфа Южного Каспия (летний сезон)*

Разрез	Нефтепродукты			Нефтеокисляющие бактерии		
	1971	1979	1998	1971	1979	1998
Бакинская бухта	43,6	67,1	44,3	20	20	20
М.Шихова	4,2	6,8	7,3	10	10	10
Аляты	0,9	1,3	1,8	1	1	1
I Бяндован	0,3	0,9	1,3	0,3	0,4	0,6
Устье реки Куры	4,6	1,8	1,23	20	20	20
Нефтяные Камни	18,4	23,2	11,4	2	2	20

Максимальное количество нефтеокисляющих бактерий - 20 тыс./мл воды в западном шельфе отмечено лишь в трех зонах - в Бакинской бухте, в акваториях, прилегающих к устью р. Куры и Нефтяных Камней.

В восточном шельфе максимум численности нефтеокисляющих отмечается в вышеуказанных нефтью загрязненных участках - до 15-20 тыс./мл. В халистатике Южного Каспия их численность не превышает 70-100/мл.

Характерно, что южнее п-ва Челекен-Окарема, в зоне пограничных вод Туркменистана с ИИР численность нефтеокисляющих и гетеротрофных бактерий в 5-7 раз больше таковых акваторий Огурчинск-Карагельского разреза, расположенного севернее Гасан-Кули.

Весьма своеобразно развитие нефтеокисляющих бактерий в присутствии сырой нефти различных месторождений, т.е. численность и активность нефтеокисляющих зависит прежде всего, от характера применяемого органического субстрата-нефти. Так, в очередных исследованиях по выделению нефтеокисляющих были применены в одинаковых концентрациях и идентичных условиях сырья нефть Карабухурского, Бинагадинского (Азербайджан) и Тенгиз-Мангышлакского (Казахстан) месторождений.

Не вдаваясь в подробности, отметим, что в опытах с нефтью Тенгизского месторождения очень слабый рост был отмечен в 7 случаях из 17-ти в течение 30 суток, тогда как в присутствии нефти других месторождений рост наблюдался во всех посевах. Дальнейшее продолжение опыта показало, что полная элиминация Тенгизской нефти произошла на 17-19 суток позже. Поэтому при определении численности нефтеокисляющих в воде, в грунтах-почвах, следует иметь в виду характеристику применяемой нефти. Также для испытания индивидуальных нефтепродуктов небесполезно выделить штамм-культуру сначала на сырой нефти, ибо установлено, что сырья нефть более универсальна по составу и сравнительно менее токсична, чем отдельные полициклические ее компоненты.

В процессе работы с чистыми культурами нами были применены различные нефтепродукты - соляровое, машинное масла, керосин, бензин различной октанностью, ароматический углеводород, парафин и др. По сравнению с перечисленными, лучше всех был использован бактериями - гексадекан. Уместно напомнить о многочисленных утверждениях, указывающих на доступность микробиологическому воздействию алифатических углеводородов.

Для определения численности нефтеокисляющих бактерий, выделения из числа доминирующих форм чистых культур-штаммов, в августе 1998 года в районе разрезов Бяндован-устье Куры было проведено специальное исследование. При этом образцы поверхностной воды и грунта были собраны на 15 станциях с глубинами от 10 до 700 м. Как видно из таблицы, количество нефтеокисляющих бактерий составляет в грунтах 20 000 кл./г, а в воде 1000 кл./мл. Характерно, что грунт 10 м и 250-300 м изобат содержат одинаковую численность нефтеокисляющих, при разности температуры более 12-30°C и других физических особенностей отложения. В то же время по структуре грунт указанных станций отличается друг от друга – первый состоял из плотной глины, а второй-из мягкого ила. Примечательно, что численность сапрофитных бактерий в грунтах станций 3,14 и 15 тоже оказалась почти одинаковой – 211, 194 и 190 тыс./г соответственно. В поверхностной воде количество сапрофитов ст. 3-4 составляло 1200-1320, тогда как в воде ст. 14-15 - не более 200 кл./мл.

В морфологическом составе сапрофитных бактерий отмечается существенная разница: в мелководных зонах процент споровых форм бактерий в грунтах не превышает 25% выросших колоний, а в глубоководных зонах этот показатель гораздо выше – 56-63%. Приравнивание популяции вегетативных форм гетеротрофных бактерий глубоководных участков к таковым прибрежным зонам свидетельствует о наличии в достаточном количестве органического вещества в грунтах глубоководных акваторий западного шельфа Южного Каспия. Более того, здесь отмечается наличие своего рода положительной корреляции между численностью сапрофитных и нефтеокисляющих бактерий. Это подтверждается еще и морфологической особенностью выросших культур сапрофитов, т.е высокий процент спороносных форм

дает основание полагать о глубоком распаде органики, несмотря на пониженное температурное условие биотопа.

Таким образом, с целью выделения чистых культур нефтеокисляющих и испытания их активности на сырой нефти был выбран район моря не случайно. Данная акватория характеризуется тем, что с юга сюда активно проникает поток воды прикуринского района, с северо-запада-вода Южного Апшерона – мелководных зон о-вов Бакинского архипелага, сравнительно обогащенные аллохтонными органическими субстратами и т.д.

Выделение чистых культур нефтеокисляющих было проведено из посевов, путем пересева из пробирок, в которых отмечался более интенсивный рост бактерий и распад нефти на твердую среду МПА. Из выросших колоний для дальнейшей работы отбирались доминирующие отдельные культуры и изолировались на косяках. Таковыми оказались 53 культуры: 38 из образцов воды и 15 из грунтов. Основная масса их (93-95%) состояла из палочковидных, среди которых подвижные формы не превышали 8%, а по грамму - 75-80% оказались грамотрицательными.

Примечательно, что наиболее многочисленными и условно-активными оказались штаммы-культуры «водной» микрофлоры – 38 (71,7%), чем бактерии грунта – 15 (28,3%). В то же время общее число микроорганизмов в 1 мл воды в сотни-тысяч раз меньше, чем в 1 г натурального грунта. Поэтому, судя по численности нефтеокисляющих, можно допускать, что потенциальная возможность углеводородокисляющих микроорганизмов водной массы, особенно эвфотического горизонта намного выше, чем грунта. Следует отметить, что определение активности нефтеуглеводородокисляющих микроорганизмов проводится по различной схеме: в одних случаях применяется ассоциативная культура, в других-монокультура; выбранная культура испытывается на различных компонентах нефти и т.д. Одним словом, цель и задачи исследователя определяет характер эксперимента-опыта. В данном случае мы исходили из того факта, что в Каспийское море в основном попадает сырья нефть. С этой же целью все 53 культуры-штаммы были испытаны при концентрации сырой Карабухурской нефти в количестве 1020, 2040 и 3100 мг/л в течение 30 суток (табл.2).

*Таблица 2. Численность нефтеокисляющих бактерий в грунтах и поверхностного слоя воды в районе устьев Куринского и Бяндованского разрезов (август, 1998 г.)*

№ станции	Глубина в м	Грунт		Вода	
		Темпера- тура, С°	Нефтеокисл. бакт. кл./г	Темпера- тура. С°	Нефтеокисл. бакт. кл./мл
3	10	19,3	20000	26,5	1000
4	25	14,2	20000	27,0	1000
6	50	11,2	20000	27,0	1000
9	100	8,4	20000	27,3	1000

10	150	7,5	20000	26,7 .	1000
12	200	7,3	10000	26,8	100
14	250	7,2	20000	26,2	100
15	300	6,7	20000	26,4	100
19	350	6,5	10000	26,7	100
20	400	6,3	10000	25,8	100
25	450	6,3	10000	26,3	100
30	500	6,1	1000	26,2	1000
31	600	6,0	1000	26,1	100
32	650	6,0	1000	26,2	1000
33	700	6,0	1000	26,4	100

Таблица 3. Минерализация сырой нефти активными культурами, выделенными из грунта и воды

№ культуры	Внесена нефть, в мг/л	Нефть в контроле, в мг/л	Остаток нефти в опытах, мг/л	Использ. нефть, в мг/л	%	РН
3	1020	680	60	620	91	6,7
	2040	1404	780	624	44,4	6
	3100	1446	1440	6	0,4	6,71
7	1020	675	63	612	90,6	6,87
	2040	1396	812	584	41	61
	3100	1400	1436	4	0,2	6,75
26	1020	683'	55	628	92	6,7
	2040	1393	493	900	65	6,63
	3100	1481	815	666	45	6,6
37	1020	596	53	543	91	6,87
	2040	1401	811	590	42	6,71

	3100	1450	841	609	42	6,65
41	1020	700	44	656	94	6,68
	2040	1486	367	1119	75,3	6,55
	3100	1466	763	703	48	6,53
44	1020	700	88	612	87	6,8
	2040	1500	1490	10	0,6	6,8
	3100	1470	1466	4	0,2	6,9
50	1020	694	79	615	88	6,9
	2040	1425	1417	8	0,5	6,9
	3100	1500	1497	3	0,2	6,9
52	1020	711	82	629	88	6,9
	2040	1433	1421	12	0,8	6,9
	3100	1491	1489	2	0,1	6,9

Как видно из таблицы 3, 45 культур из 53-х росли при концентрации нефти в 1020 мг/л (85%). Сравнительно активный рост культуры в количестве нефти в 2040 мг/л был отмечен в 5-ти случаях, а при концентрации – в 3100 мг/л росли всего 3 штамма. Характерно, что из 5 штаммов, растущих при 2040 мг/л, 4 оказались выделенными из воды, а последние 3, как наиболее активные, также оказались представителями бактериопланктона. Примечательно, что минерализация нефти в концентрации 1020 мг/л достигает до 94%, а при удвоении ее, в среднем - 50-55%. Более того, при концентрации нефти 3100 мг/л сравнительно активными из 53-х выделенных из нефти бактерий оказались штаммы 26,37 и 41, которые минерализовали субстрат на 42-48%.

Следует еще раз подчеркнуть, что имеются достаточные данные об отсутствии среди естественной микрофлоры облигатных нефтеокисляющих, за исключением ограниченной группы метанотрофных бактерий. Поэтому можно предположить, что интенсивная биодеградация нефти и нефтепродуктов идет, первым долгом, в оптимальных температурных, газовых, солевых режимах и дефиците легкодоступного энергетического субстрата. Нами установлено, что активные штаммы нефтеокисляющих бактерий при наличии в среде нефти, углеводов и пептона предпочитают последние субстраты и минерализация нефти отодвигается на второй план. Исходя из указанного факта, можно полагать, что накопление нефти, нефтепродуктов в грунтах бухт-заливов, портов, морских нефтепромыслов и др. участках происходит не без влияния этого фактора.

В то же время в общем биологическом цикле биодеградации нефти и нефтепродуктов основная роль принадлежит микрофлоре. Поэтому можно предположить, что за долгие годы интенсивного загрязнения Каспия именно

---

бактериопланктон в нем сумел минерализовать трудноизмеримые массы аллохтона. Однако также нельзя забыть о том, что природная сопротивляемость экосистемы Каспия не без предельна.

### **АКТРОПОГЕННОЕ ЭВТРОФИРОВАНИЕ И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДСТВИЕ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ**

Следует подчеркнуть, что трудно найти открытый водоем, который не подвергся бы антропогенным воздействиям. Антропогенный прессинг на экосистему водоемов вызывает многопрофильный процесс: в одних случаях подавляет развитие фауны-флоры, в других, вызывая сукцессии, он способствует бурному развитию как простейших автотрофов, так и гетеротрофов и т.д. В любом своем проявлении он изменяет стабильность функционирования экосистемы водоема.

Антропогенному эвтрофированию океанов, морей, озер, водохранилищ и рек посвящены многочисленные исследования. Участь антропогенного эвтрофирования не миновала и Каспийское море. Несмотря на то, что Каспийское море является одним из сильно и давно подверженным многопрофильным антропогенным воздействиям водоемом, антропогенному эвтрофированию в нем и связанных с ним вопросам не уделено должное внимание.

В предыдущих разделах имеются сведения о загрязнении Каспийского моря в общем плане. В то же время влияние и последствия комплекса аллохтонного вещества, поступающего в море, остается в достаточной степени не изученным. Однако не вызывает сомнение то, что интенсивное загрязнение водосборной площади и самого моря за последние 50 лет в корне изменило экологическую стабильность Каспия и развитие в нем биоты.

Эвтрофирование водоема прежде вызывается биогенными элементами и органическим веществом нестойкого характера. Также в результате биодеградации любого поллютанта в Каспии, водные массы и донные отложения обогащаются продуктами метаболизма и в дальнейшем они тоже вовлекаются в общий круговорот веществ в нем.

Основными источниками поступления биогенных элементов и, первым долгом, органического вещества бытового и с/х происхождения в Каспий являются реки и города, населенные пункты. Отклик гидроэкосистем моря на эти нагрузки различен и зависит от ряда естественных и приобретенных в ходе антропогенного воздействия характеристик Каспия: состава растворенного органического вещества, минерализации, циркуляции, течения воды, глубины, участка термического режима и т.д. В результате многолетних исследований убедились, что антропогенное изменение биогенной нагрузки так или иначе оказывается на изменении структуры экосистемы моря: повышается уровень биопродуктивности, меняется видовой состав биологических сообществ, нарушается устойчивость трофических связей, изменяются физические и химические свойства воды. Так или иначе антропогенное эвтрофирование Каспийского моря способствует повышению уровня его трофики, т.е. повышению скорости новообразования органического вещества. Этот процесс в Каспийском море не сбалансирован.

Известно, что в естественных сбалансированных экосистемах поддерживается равновесие между образованием и распадом органического вещества, между выделением и потреблением кислорода. Нарушение этого равновесия в некоторых эвтрофированных участках Каспийского моря привело к биолого-химическим изменениям. Такие изменения характерны акваториям речных эстуарьев, зон поступления стационарных сточных вод, где из-за чрезмерного обогащения воды

легкодоступным органическим веществом аллохтонного и автохтонного происхождения скорость дыхания превышает скорость обогащения воды кислородом. Это особенно заметно в нижних горизонтах вод глубоководных участков всех трех частей Каспия.

Следует отметить, что антропогенное эвтрофирование Каспийского моря в значительно большом масштабе началось в северо-западном и северо-восточном участках Северного Каспия в первой половине 60-х гг. истекшего столетия. До этого в какой-то мере процесс антропогенного эвтрофирования Северного Каспия сдерживался в связи с уменьшением объема взвешенного вещества, минерального азота-фосфора в море, в результате строительства каскада водохранилищ на Волге и др. крупных реках, что было показано Л.А.Барсуковой (1971). Характерно, что в 70-ые годы в районах акваторий Белинского, Волго-Каспийского судоходного каналов, Аграхан-Кизлярского залива, Махачкалинского взморья, западной части Северного Каспия, эвтрофирование носило локальный характер и возникало, в основном, летом. Вдоль западного шельфа очаги цветения отмечались лишь в ограниченных участках к юго-востоку от Апшеронского п-ва, мелководьях о-вов Бакинского архипелага и в прикуриńskом районе Южного Каспия.

Примечательно, что в 1983 году, в результате продолжения процесса эвтрофирования, указанные выше "очаги" слились в единое целое и на всем протяжении западного шельфа от р. Волги до Астары цветение стало устойчивым и к началу 90-х гг., расширяясь в широтном направлении, достигло до середины глубоководного Южного Каспия.

Таблица 4. Многолетние изменения стока биогенных элементов и органического вещества р. Волги (г. Астрахань, Катунин, др., 1992)

Годы	Фосфор, тыс.т		Азот, тыс.т		Кремне-кислота .тыс.т	Органическое вещество, млн.т
	мине-ральный	органи-ческий	мине-ральный	органи-ческий		
1960-1970	1,6	14,3	60,3	140,4	430,0	2,9
1970-1975	2,8	24,0	91,8	286,0	534,0	3,4
1976-1980	5,6	61,5	68,7	276,0	443,0	3,9
1981-1985	7,3	40,8	138,0	367,0	384,0	6,4
1986-1990	14,1	28,4	182,0	380,4	467,0	6,3

В восточном шельфе Каспийского моря локальные очаги цветения фитопланктона отмечались лишь в начале 90-х гг. в районах о-ва Кулалы, юго-восточной части р. Урал, в мелководьях м. Песчаного, Сагындыка, у г. Актау, Бекташа. В восточной части Южного Каспия усиленное, причем, почти в течение года, развитие фитопланктона отмечалось в районах п-ва Челекен, Туркменского, Красноводского заливов и до 200 м изобат разрезов Гасан-Кули, Огурчинск, Ульский и Окарем.

Первоначальное антропогенное эвтрофирование было отмечено в Северном Каспии, вызываемое, в основном, стоком р. Волги, обогащенным биогенными элементами и органическим веществом (табл. 4.). Хотя нельзя не учитывать и роли других рек – Терека, Сулака и Урала в процессах антропогенного эвтрофирования в акваториях контакта речных вод с морской. В стоке р. Волги сумма фосфатов, азота и органического вещества увеличена, в среднем, в 3 раза. Только разница в азот-фосфоре, за этот период составляет 389 тыс. т. Если исходить из известного коэффициента, что 1 кг фосфора и азота в условиях Каспия потенциально может способствовать

образованию более 1000 кг биомассы бактериопланктона, то не трудно представить себе масштабы и интенсивность антропогенного эвтрофирования в нем.

Следует отметить, что антропогенное эвтрофирование в северо-восточной части Северного Каспия происходит в акватории лишь смещивания воды р. Урала, где, по сравнению с 1983 годом, в 1989 году первичная продукция возросла в 2,5-3 раза и достигла 4,4-5 мг С/л. По данным А.А. Большова, др. (1992), биогенные элементы (фосфор-азот) расходуются, в основном, в низовьях р. Урала. Тем не менее, за исключением юго-восточной части Уральской бороздины, эвтрофирование отмечается во всей акватории Северного Каспия.

Таблица 5. Многолетняя средняя (по разрезам) первичная продукция фитопланктона ( $\text{гC}/\text{м}^2$ ) и деструкция органического вещества ( $\text{мгC}/\text{л. сутки}$ ) в Северном Каспии летом

Разрез	1963		1968		1973		1978		1988		1998	
	Прод.	Дестр.										
I. Волго-Каспийский канал	2,30	0,23	3,10	0,45	3,80	0,66	4,70	0,93	5,80	2,40	6,80	3,80
II. Центральный	0,9	0,18	1,40	0,40	2,0	0,56	2,60	0,73	3,10	1,24	3,86	2,30
III. Форт Шевченко-о-в-Тюлений	0,70	0,20	0,97	0,33	1,40	0,46	1,84	0,92	2,10	1,22	2,70	2,30
IV. Средняя Жемчужная-Тюб-Караган	1,46	0,11	2,80	0,20	3,40	0,60	3,90	0,71	4,30	1,30	4,90	1,80
V. Севернее о-ва Кулалы	0,60	0,10	1,30	0,17	1,76	0,33	2,10	0,82	2,60	1,12	3,70	1,40
VI. Уральская бороздина	0,40	0,10	0,53	0,22	0,94	0,36	1,30	0,47	1,80	0,93	2,10	1,10
VII. Поперечный	0,63	0,22	0,97	0,37	1,40	0,76	1,87	0,93	2,10	1,32	2,70	1,70
VIII. Атырау-Астрахань	1,10	1,80	2,30	2,10	3,60	2,70	4,8	2,91	5,2	3,40	6,30	4,40
Среднее	1,00	0,37	1,75	0,60	2,30	0,78	2,90	1,13	4,1	1,70	4,8	2,70

Эвтрофирование Северного Каспия интенсифицируется из года в год, способствуя биолого-биохимическому расходу кислорода воды.

На изменение количественно-качественного состава фитопланктона в Северном Каспии в значительной степени влияет объем стока волжских вод еще и путем опреснения.

Образованные колонии-агрегаты, в основном, состоят из доминирующих (как бы к концу своей вегетации) форм фитопланктона, обрастающие, «окруженные» макроорганизмами. Характерно, что из супензии отдельных клеток афанизоменон выделялись миллионы сапрофитных бактерий.

При эвтрофировании резко нарушается стабильность экосистемы Каспийского моря, вследствие накопления легкоминерализуемых органических веществ, увеличения численности биодеструкторов. При этом водная масса и донные отложения обогащаются метаболитами водорослей и продуктами промежуточного распада субстратов микроорганизмами.

Также в начальном этапе эвтрофирования, процессы фотосинтеза преобладают над деструкцией органического вещества, т.е. валовая первичная продукция в акваториях антропогенного эвтрофирования в море сначала становится больше единицы, а после – в результате накопления биомассы продуцентов, наоборот, преобладают процессы деструкции.

Таким образом, увеличение потребления кислорода аэробными гетеротрофами приводит к его дефициту. Более того, в условиях гипоксии происходит дополнительный расход кислорода воды в окислительно-восстановительных процессах в присутствии продуктов анаэробного распада веществ.

Следует подчеркнуть, дефицит кислорода воды в северной, центральной — глубоководной частях, в акваториях дельты и авандельты, а также вдоль дагестанского побережья, отмеченный летом 1969 и 1971 гг., носил временный характер. Наблюдения, повторно проведенные в летне-осенний период 1998 г., показали, что в акваториях Северного Каспия, где происходит цветение фитопланктона, дефицит кислорода в придонных слоях воды сохраняется с июня до первой половины октября.

На опасность расширения масштаба гипоксии в придонных слоях воды в период летней стагнации и углубления процесса указывают также Д.Н. Катунин, Н.В. Иванова и др. (1992). По их же данным, среднее значение площадей гипоксии в Северном Каспии составляет в июне 7,8, а в августе — 13,8 тыс. км<sup>2</sup>.

Антропогенное эвтрофирование Северного Каспия изменило гидрохимический режим, качественно-количественный состав бактериопланктона воды и донных отложений в нем. Характерно, что за 20 лет общее число микроорганизмов в поверхностных слоях воды, в среднем, по всему участку возросло на 3-3,5 млн./мл, сапрофитные бактерии – 600-700 кл/мл. Более того в зонах устойчивого эвтрофирования среднее значение бактериопланктона увеличено на порядок.

Кроме того, существенно изменился и качественный состав микрофлоры. Так, более 80% выросших колоний сапрофитных бактерий представлены бесспоровыми, тогда, как в 1968 г. они составляли не более 50%. Известно, что Северная часть Каспийского моря является мелководной и температурная стратификация формируется в ней лишь в ограниченных участках на короткий срок.

Тем не менее, в придонных слоях и часто даже в поверхностных слоях воды эвтрофированных зон численность таких анаэробных форм, как облигатный анаэроб — сульфатредуцирующие, денитрифицирующие и др. достигают до 250-500 кл/мл.) Не случайно, что еще в 1971 г. в районах Белинского канала, в дельтах крупных рукавов р. Волги возникали заморы, где на глубине 2,4-3,6 м определили наличие сероводорода в концентрации 1,2-2,3 мг/л соответственно. В грунтах тех же участков число анаэробных бактерий составляло 41-66 тыс./г.

Увеличение стока рек (в основном р. Волги) и объема биогенных элементов, аллохтонного органического вещества является экологической опасностью не только для такого уникального участка – Северного Каспия, но и для всего Каспийского моря. Ибо тревожные факты антропогенного эвтрофирования и его последствия отмечаются в шельфах всего моря (излагается ниже).

Следует отметить, что, ставший главной причиной антропогенного эвтрофирования, биогенный сток не ограничивается интенсивным развитием фитопланктона и образованием чрезмерно большой биомассы бактериопланктона. При этом замена аэробной деструкции растворенного органического вещества автохтонно-аллохтонного происхождения анаэробной, во-первых, снижает ее скорость, во-вторых, способствует поступлению фосфора из донных отложений в водную толщу эвфотического горизонта, чем активизирует фотосинтез.

Таким образом, оба процесса увеличивают разницу в соотношениях синтеза и деструкции, следовательно, участок Каспия становится гипертрофным и происходит органическое его загрязнение.

Как неоднократно указано выше, основная масса биогенного стока поступает в Северный Каспий и, первым долгом, здесь он вовлекается в биотический круговорот. В образовавшейся биомассе первичной и вторичной продукции содержатся фосфор, азот и др. биогенные элементы. Поэтому при прогнозировании баланса органического вещества и оценке масштаба и последствий антропогенного эвтрофирования Северного Каспия, а также всего моря, нельзя не учесть внутреннего резерва самого моря.

Чтобы представить себе этот существенный фактор, достаточно привести факт о том, что в сухой массе бактериопланктона и фитопланктона содержание фосфора составляет 2 и 0,6% соответственно. Таким образом, исходя из вышеизложенного, учитывая еще и регенерацию биогенных элементов, постоянное их поступление с речными стоками, нетрудно убедиться в том, что антропогенное эвтрофирование Северного Каспия становится почти необратимым. Также учитывая интенсификацию биологического потребления кислорода, расширение площадей гипоксии, можно констатировать, что в Северном Каспии экологическая ситуация является критичной.

В Среднем Каспии процессы антропогенного эвтрофирования отмечаются почти повсеместно. Более интенсивно оно протекает в западном шельфе, стимулируя биологическое потребление растворенного кислорода.

Восточный шельф Среднего Каспия характеризовался бедностью минеральных соединений азота и фосфора.

В районах южнее Баутина почти до границы Южного Каспия содержание азот-фосфора возросло в 2,5-3 раза. Поэтому в восточном шельфе Среднего Каспия происходит интенсивное развитие фитопланктона до стадии цветения, что было несвойственно данному региону.

**Таблица 6.** Среднесуточные величины деструкции органического вещества (г С/м<sup>2</sup>) в летний сезон

Разрез	1963	1968	1975	1981	1988	1997
Махачкала	2,3	2,6	3,7	6,6	7,4	12,3
Каспийск	2,4	3,4	4,8	7,9	8,4	9,7
Избербаш	1,4	3,2	3,8	6,4	7,3	8,8
Дербент	3,1	4,1	5,3	8,4	7,9	11,7
Самур	3,3	4,4	5,6	9,4	10,3	14,7
Худат	0,6	0,9	3,6	5,8	7,4	10,3
Хачмас	0,9	1,3	4,2	8,3	9,6	12,1
Ялама	0,7	0,9.	1,9	3,8	6,2	9,7
Килязи	0,6	1,3	2,0	4,3	6,3	8,6

Среднее	1,7	2,5	4,0	6,8	7,9	10,1
---------	-----	-----	-----	-----	-----	------

Примечательно, что цветение более интенсивно и продолжительно в акваториях м. Баутино-Ералиево. К югу и западу центральной части массовое развитие бактериопланктона сравнительно умеренно. Характерно, что цветение фитопланктона с ранней весны начинается с массовым развитием диатомовых и продолжается до поздней осени. В летнем фитопланктоне в цветении участвуют представители синезеленых и зеленых водорослей (в основном в западной части). За 20 лет – с 1969 до 1989 гг. – среднегодовая продукция фитопланктона в западном шельфе увеличена в 4 раза и достигает до 8,5-9,1 гС/м<sup>2</sup> сутки, а величина деструкции органического вещества – с 0,58 до 1,96 мг С/л сутки соответственно.

Более контрастны эти показатели в восточном шельфе – в акваториях Урдюк-Ералиево, где при увеличении первичной продукции за 30 лет (1964-1993 гг.) на порядок, величина деструкции органического вещества в воде возросла более, чем в 60 раз.

Заметное изменение произошло и в кислородном режиме воды моря, особенно в глубоководных его частях, что связано, в основном, с минерализацией органического вещества.

В западном шельфе моря, начиная с Сумгайтского взморья к югу – до Алятского участка, в акваториях до 25-35 м изобат более 30 лет происходило подавление массового развития фитопланктона, фито- и зообентоса. Главной причиной деградации основных представителей низших фауны-флоры региона было общее загрязнение, о чем указано в соответствующих разделах. Тем не менее, интенсивное антропогенное эвтрофирование протекает и в Южном Каспии.

Только этот процесс здесь устойчив в так называемых контактных зонах, имеющих стационарную связь с потоками загрязненных вод. Характер эвтрофирования в западной части Южного Каспия заметно отличается от такового Среднего Каспия тем, что зона максимального развития фитопланктона перемещена здесь в более глубоководные участки. Примечательно, что деградация фитопланктона в сравнительно мелководных зонах отмечается в акваториях Сумгайтского, Пираллахинского, Шиховского, Карадаг-Алятского разрезов. В Прикуринском, Кур-Косинском, Ленкоранском и Астаринском участках антропогенное эвтрофирование, как и в Среднем-Северном Каспии, начало формироваться с прибрежья.

*Таблица 7. Изменение концентрации растворенного кислорода воды (мг О<sub>2</sub>/л) в глубоководной части Среднего Каспия (ст. 5, Хачмас-Бекташского разреза) Летом 1965, 1975, 1985 и 1995 гг.*

Глубина, м	1965	1975	1985	1998
0,5	9,1	9,0	9,3	9,6
50	8,4	7,3	7,1	6,8
100	7,3	6,8	6,3	6,0
150	6,9	6,3	6,0	5,4
200	6,2	5,7	5,3	5,0
300	6,0	5,3	5,0	4,4
400	5,8	5,0	4,7	4,0
500	4,6	4,2	4,0	3,3
600	4,2	3,9	3,6	3,0
700	3,3	3,1	2,7	2,0
780	2,9	2,6	1,8	1,1

Примечательно еще то, что в акваториях подавления физиологической активности

водорослей, численность микроорганизмов и величина биологического потребления растворенного кислорода воды – максимальны. Видно, что формирование основы общей биологической продуктивности в данном регионе протекает в довольно сложных экологических условиях.

В западном шельфе Южного Каспия антропогенное эвтрофирование прогрессирует особенно в районах южнее устья р. Куры. В данном регионе устойчивое цветение воды расширяется к юго-востоку и в центральной части – над глубоководной впадиной, где среднесуточная величина первичной продукции и расход кислорода по сравнению с 1982 годом возрос на порядок – в 2000 году. В восточном шельфе Южного Каспия эти процессы стали почти необратимыми в районах южнее Туркменского залива.

Таблица 8. Многолетние изменения среднесуточной продукции фитопланктона (гС/мг) в западном шельфе Каспия по данным наблюдений за август

Разрез	Глуб. м	1960	1964	1968	1972	1976	1980	1989	1997
Сумгайт	10	0,13	0,20	0,32	0,17	0,15	0,14	0,17	1,30
	25	0,63	0,74	0,88	0,70	0,89	1,04	1,44	3,80
	50	1,30	2,40	3,10	3,60	4,10	4,30	4,60	4,80
	100	0,60	0,94	1,70	2,80	3,11	3,96	4,50	5,70
Пираллахи	10	0,66	0,09	0,10	0,13	0,21	0,19	0,22	0,93
	25	0,11	0,13	0,17	0,20	0,18	0,17	0,24	0,83
	50	0,24	0,33	0,26	0,44	0,63	0,71	0,92	1,23
	100	0,93	1,20	2,30	3,46	4,30	4,86	5,30	5,80
Шихов	10	0,04	0,06	0,09	0,10	0,06	0,05	0,13	0,21
	25	0,60	0,35	0,20	0,33	0,74	1,10	1,36	1,70
	50	0,90	1,35	2,00	2,30	3,40	4,40	4,90	5,10
	100	2,30	2,86	3,10	3,80	4,10	5,20	5,60	5,93
Аляты	10	0,16	0,18	0,30	0,45	0,13	0,26	0,31	0,96
	25	0,22	0,27	0,43	0,36	0,29	0,46	0,87	1,20
	50	1,35	1,42	2,20	3,10	3,93	4,30	4,80	5,10
	100	0,96	1,27	1,93	2,40	3,60	4,10	4,60	5,90
Устье Куры	10	0,10	0,12	0,09	0,21	0,07	0,05	0,07	0,04
	25	1,30	2,20	3,60	2,90	3,20	4,60	5,10	6,24
	50	1,50	1,75	2,00	3,10	3,90	5,10	6,80	8,90
	100	2,10	2,76	3,10	3,84	4,90	5,70	6,90	7,60
Ленкорань	10	1,20	2,30	1,60	2,80	3,40	4,40	4,90	5,60
	25	1,54	1,74	2,60	3,30	4,20	5,30	6,30	7,90
	50	2,00	2,44	2,83	3,46	4,30	5,20	5,90	6,80
	100	2,40	3,10	3,70	4,30	5,30	6,20	6,60	8,70
Аскара	10	1,96	2,30	2,90	3,30	4,10	4,70	5,60	7,90
	25	1,30	2,10	2,86	3,70	4,30	5,30	1 5,80	6,90
	50	1,90	2,30	3,30	4,10	5,30	6,20	6,80	8,30
	100	2,10	3,20	3,80	4,60	5,70	6,60	7,40	8,60

В восточном шельфе Южного Каспия дефицит О2 в придонных слоях воды был отмечен впервые летом 1986 г. на глубине 120 м в приграничной зоне с ИИР.

В последующие годы недостаток кислорода в данном районе отмечался в значительно большей акватории центральной части по направлению к западу и северо-востоку. В западной части Южного Каспия зона гипоксии занимает всю акваторию Малого Кызылагачского залива, свала глубин Прикуринского района и западную часть глубоководной впадины.

Устойчивость гипоксии в глубоководной части Южного Каспия доказывается тем, что процессы стагнации, водообмена, температурный режим и др. факторы не оказывают влияние на обогащение придонных слоев кислородом. Гипоксия глубоководных участков Южного Каспия стала устойчивой даже в зимний период и нет сомнения в том, что она является результатом эвтрофирования и представляет серьезную опасность для экосистемы Южного Каспия в целом.

Экологические последствия антропогенного эвтрофирования в Каспийском море проявляются еще и в сокращении глубины трофогенного слоя в акваториях цветения и в интенсивном развитии анаэробных форм бактерий.

Многочисленными измерениями прозрачности воды во времени и пространстве показали, что за последние 30 лет в Северном, Среднем и Южном Каспии эвфотический слой воды уменьшился, в среднем, на 1,2; 2,5 и 3 м соответственно.

Также наблюдается изменение глубины температурной стратификации воды: в Среднем и Южном Каспии слой температурного скачка перемещен на 3-5 м выше обычного. Характерно, что в слоях термоклина биомасса бактериопланктона стала значительно больше.

Если в 60-70-х годах численность сапрофитных бактерий в слоях скачка составляла на 35-40% больше таковой поверхностных слоев, то, по данным 1987, 1993 и 1997 гг., она превосходит численность гетеротрофов поверхностных горизонтов в 1,5-2 раза. Очевидно, увеличение на 40% расхода кислорода воды связано с активностью микроорганизмов, т.е. их минерализующей деятельностью органического вещества.

Следует отметить, что анаэробные бактерии – денитрифицирующие, сульфатредуцирующие, метанобразующие, анаэробные клетчаткоразлагающие обычно выделялись из образцов донных отложений. В воде в большей части они отсутствуют, за исключением изолированных, сильно загрязненных бухт-заливов.

Также установлено, что увеличение роста первичной продукции, величины деструкции органического вещества, следовательно, и уменьшение процента насыщения воды кислородом, положительно влияют на количественно-качественный состав анаэробных бактерий в Каспии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные многопрофильные данные, характеризующие экологическую обстановку в Каспии, в работе оцениваются в контексте влияния природно-климатических, широкомасштабных антропогенных факторов на формирование основ общей биологической продуктивности моря и интенсивность трансформации энергии в нем.

Было установлено, что в комплексе антропогенных факторов в изменении экологической стабильности в Каспии самым действенным является загрязнение. О загрязнении Каспия в общем плане имеются достаточно обширные сведения. Однако, по нашим наблюдениям по объектам бактериопланктона, загрязнение по характеру и происхождению по-разному влияет на количество и качество участников продукции-деструкционных процессов. Отрицательное воздействие поллютантов более действенно проявляется в западном шельфе, нежели в восточном. При этом выявлено, что аллохтонные вещества бытового происхождения первым долгом подвергаются биодеградации и способствуют развитию автотрофов. Создавшаяся в условиях моря биомасса продуцентов впоследствии стимулирует генерацию деструкторов, в результате чего первым долгом снижается концентрация растворенного кислорода воды и создаются условия образования гипоксии – заморных явлений.

Из промышленного происхождения загрязнителей преобладают в Каспии нефть и углеводороды нефтяного характера. Эти субстраты встречаются повсюду, с максимальной

концентрацией у городов, в устьях рек и акваториях морских месторождений. В отличие от коммунально-бытового источника аллохтонных веществ, зона влияния которых значительно меньше по масштабу, нефть и нефтепродукты течением, циркуляцией, волнением воды легко переносятся от источника их поступления в отдаленные участки моря.

В текущем столетии Каспийское море переживает широкомасштабные и глобальные изменения: колебание уровня, амплитуда которого составляла 3,13 м, достигая минимальной отметки (-28, 92 м абс) в 1977 г. и максимальной (25, 79 м абс) в 1990 г. Только снижение и повышение уровня воды, то обнажая, то обводняя десятки тыс. квадратных километров береговой части, обогащали воду аллохтонным веществом, терригенным наносом, изменив газовый, солевой режимы моря, нарушили стабильность функционирования экосистемы Каспия. За последние 45-50 лет море и впадающие в него реки стали объектами прогрессирующего из года в год загрязнения. Установлено, что за исключением некоторых бухт порт-заливов, чрезмерно загрязненных, ставших, так называемыми мертвыми участками, до второй половины 70-х гг. Экосистема Каспия более или менееправлялась с поступающими аллохтонными веществами. Первые очаговые угнетенные участки появились в западном щельфе Южного, в западном и северо-восточном побережье – Северного Каспия. Так, в 1961-1990 гг. в обширной акватории западного щельфа – в районах о-вов Бакинского и Апшеронского архипелагов первичная продукция фитопланктона сократилась более, чем в 40 раз, полностью был уничтожен фитобентос; в Северном Каспии появились заморы и массовая гибель бентофауны и промысловых рыб и т.д.

В последние 8-10 лет в Каспийском море прогрессирует антропогенное эвтрофирование, происходит перемещение площадей максимального производства бактериопланктона из мелководных (25-30 м) зон в более глубоководные (50,75-100 м). Из-за сокращений, в результате загрязнения кормовой базы в традиционных участках западного прибрежья Южного Каспия подорвана трофическая связь промысловых объектов. В глубоководных участках интенсифицируется биологическое потребление растворенного кислорода, прогрессируются в придонных слоях и в донных отложениях анаэробные процессы.

Результаты многолетних наблюдений показывают, что нефтяное (и общее) загрязнение и антропогенное эвтрофирование становятся труднообратимыми. В этом отношении категорично нельзя согласиться с мнением некоторых авторов о том, что в последние годы экологическое положение в Каспии стабилизировано на уровне ПДК. О какой стабильности может идти речь, если в Северном Каспии более 25% акватории в настоящее время относится к зонам гипоксии, в ряде обширных гиперэвтрофированных участков возникают заморы фауны-флоры и т.д.

Многолетние повторные исследования показали неуклонное повышение значения продукции фитопланктона и деструкции органического вещества. Более того, антропогенное эвтрофирование стало обычным явлением и в восточной части моря, которая всегда отличалась низкой продуктивностью бактериопланктона. Изменился в море статус трофики, в настоящее время в Каспии отсутствуют олиготрофные участки и более 60% акватории моря по величине первичной продукции и численности микрофлоры, относится к категории эвтрофной трофики.

Одновременное определение продукции бактериопланктона, биомассы, значения деструкции в водной массе и в донных отложениях и др. элементов приходных и расходных частей дали возможность рассчитать баланс органического вещества в Каспийском море. Полученные данные, показывающие функционирование экосистемы отдельных частей Каспийского моря во времени и пространстве, дают возможность

определить тенденции изменения формирования основных звеньев общей биологической продуктивности в них.

Каспийское море всегда отличалось высокой продуктивностью. Однако в настоящее время изменение трофического статуса чревато опасностью устойчивого установления гипоксии в придонных слоях воды глубоководных частей моря.

Известно, что повсюду в море глубже 50 м с весны осени устанавливается температурное расслоение водных масс. При избытке растворимого органического вещества, наличии достаточной концентрации сульфат-сульфидов, увеличении темпа биологического расхода кислорода создается реальное условие для возникновения анаэробных процессов, первым долгом появления сероводорода и др. продуктов метаболизма. В глубоководной части Среднего Каспия на глубине 700-750 м общее содержание кислорода воды за 15 лет сократилось на 40-45%, а в Южном – на глубине 995 м – имеющегося 1,6-2 мг О<sub>2</sub>/л в 70-х годах, полностью исчезло в 1995 году. Экологически критическая ситуация создана в Южном Каспии. При почти одинаковой площади, прирост среднегодовой продукции фитопланктона оказался в 2 раза больше, чем в Северном и Среднем Каспии. Примечательно, что общее содержание кислорода воды при аналогичных изобатах в Среднем Каспии на 25-30% больше, чем в Южном.

Известно, что основной зоной нагула и формирования биологической продуктивности морей считается акватория шельфа, особенно его сравнительно мелководная часть. По причине загрязнения, как указано в соответствующих разделах монографии в обширных зонах западного шельфа Южного Каспия и Окарем – Гасан-Кулисского участка – на востоке, максимальная продукция бактериопланктона перемещена на более глубоководные акватории, которые, как правило, считаются не подходящими для массового нагула бентоядных рыб. Более того, в глубоководных участках моря продукция фитопланктона и микроорганизмов, а также аллохтонный субстрат расходитя на генерацию и биохимическую активность анаэробных бактерий. И не случайно, что в настоящее время в значительно большом количестве (из придонных образцов воды глубже 200-250 м) выделяются представители анаэробных бактерий.

Нефть и нефтепродукты в Каспии, как изолированный, замкнутый водоем, имеют особую значимость. Исторически сложилось так, что экосистема Каспийского моря давно имеет связь с углеводородами как естественного, так и антропогенного происхождения. Нет сомнения в том, что углеводороды в Каспии стали своего рода постоянными компонентами и происходит их накопление в донных отложениях многих участков шельфа и в ряде случаев, даже в глубоководных частях моря.

Проведенные нами многочисленные опыты – исследования свидетельствуют о возможности использования нефтеокисляющими микроорганизмами других источников углерода. Поэтому необходимо учитывать этот факт при оценке процессов самоочищения Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Усугубляется экологическая стабильность Каспия еще тем, что во всех секторах прикаспийских государств намечается расширение морской добычи нефти и газа, проводятся широкомасштабные разведочно-поисковые работы, транспортировки нефти и т.д.

В Каспийском море весьма слабо изучены значения пестицидов, фенолов, тяжелых металлов, дегрентов и др. ядовитых поллютантов. В то же время известны массовые паразитарно микробиологические болезни рыб и др. животных, не выяснены причины и последствия синергизма, сукцессии фауны, генетическая стабильность эндемичных форм.

Известно, что основной нерестовый фонд проходных, особенно осетровых сократился, например, в нижнем течении Волги на 85% (Иванов, 1999), в Куре-Араксе – на 90-95% (Кулиев, 1998) и поголовье их поддерживается путем искусственного воспроизводства (резко сократилось в последние годы).

Поэтому необходимо особо заботиться о сохранении экологической стабильности среды обитания выпускаемых мальков. В этом отношении недопустимо чрезмерное загрязнение нижних течений основных рек, особенно устьевых участков и они должны быть под особым контролем.

Экологическое благополучие Каспийского моря зависит от выполнения общих, согласованных между всеми прикаспийскими государствами мероприятий, контроля и заботы о нем. Каспийское море в настоящий период с трудом справляется с антропогенной нагрузкой и дальнейшее усугубление экологической ситуации грозит большой для сохранения его биоресурсов.

**Предложение:**

- 1.Необходимым является разработка экологических стандартов для Каспия и согласовать с экологическими службами.
- 2.Проведение экологического мониторинга за состоянием морской акватории.
- 3.Организовать службы, занимающиеся предупреждением нефтяных разливов и ликвидацией их последствий.
- 4.Разработать нормативы по экономическому механизму за нанесенный ущерб природе Каспия.
- 5.Утилизировать пластовую воду, буровой шлам путем вывоза их на берег с последующим захоронением в спецполигонах.
- 6.Разработать мероприятия по снижению ущерба наносимого с поднятием уровня Каспийского моря различным инфраструктурам республики.
- 7.Усовершенствование действующих очистных сооружений городов, уменьшающие содержание ядовитых элементов в составе промышленных и коммунальных сточных вод, стекающие в Каспийское море.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексенина И.А. Осадки и рельеф подводного склона восточного побережья средней части Каспийского моря // Геологическое строение, подводного склона Каспийского моря. М., 1962. С. 122-193.
2. Амиргалиев Н.А. Ионный сток реки Урал в солевом балансе Каспийского моря // Изв. АН КазССР. Сер. хим. 1966а. N 3. С. 35-40.
3. Андерсон Р.К., др. Охрана окружающей среды от загрязнения нефтью. Обзор.информ. М: ВНИИОЭНГ, 1983. 39 с.
4. Аполлов Б.А. Каспийское море и его бассейн. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 120 с.
5. Ардабьева А.Г. Фитопланктон Северного Каспия в 1986-1991 гг. Сб. Биолог. ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 19-20.
6. Бабаев Г.Б. К фитопланктону западного прибрежья Южного Каспия // Гидробиологические и ихтиологические исследования на Южном Каспии и внутренних водоемах Азербайджана. Баку: Изд-во АН АзССР, 1965а. С. 15-27.
7. Багиров Р.М. Формирование обрастания в Среднем и Южном Каспии // Биология Среднего и Южного Каспия. М.: Наука, 1967. С. 105-113.
8. Багиров В.И., Салманов М.А. Микроорганизмы в донных отложениях Каспийского моря // Микробиология. 1970. Т. 38, вып. 4 С. 697-704.
9. Барсукова Л.А. Многолетний биогенный сток р. Волги у г. Астрахани // Тр. КаспНИРХ. 1971. Т. 26. С. 73-81.

10. Белова Л.Н. Питание воблы // Биологическая продуктивность Каспийского моря. М.: Наука, 1974. С. 93-117.
11. Беляева В.Н., Катунин Д.Н., др. Влияние колебаний уровня моря на формирование биологической и рыбной продуктивности Северного Каспия. Сб. биолог, ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 38-42.
12. Больщова А.А., Бабин Е.В., др. Развитие эвтрофированных процессов в низовьях р. Урала. Сб. Биолог, ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 46-48.
13. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. М. “Недра”. 1997. 440 с.
14. Бухарицин П.И. Прибрежные нефтепромыслы и нефтяное загрязнение Северного Каспия. Сб. Биолог, ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 51-53.
15. Водовская В.В. О внутривидовых формах Каспийской проходной сельди (А1оза кезз1еп) // Тр. ВНИРО. 1975. Т. 108. С. 74-81.
16. Гаргопа Ю.М., Катунин Д.Н., Холина А.П. Оценка предельных экологически допустимых отборов воды дл. р. Урала. Сб. Биолог, ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 77-79.
17. Гумилев Л.Н. История колебания уровня Каспия за 200 лет. М., 1980. С. 37-47.
18. Гюль К.К. Каспийское море. Баку: Азнефтеиздат. 1956.
19. Гюль К.К. Колебание уровня каспийского моря и его влияние на развитие народного хозяйства // Освоение морских нефтяных месторождений. М., 1960.
20. Гюль К.К. Основные характеристики водного режима Каспийского моря // Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук. 1966а, N 1.
21. Гюль К.К., Абакаров М.И., Фурман Т.И., Рейфман Р.Л. Физические процессы в Каспийском море в связи с колебаниями его уровня. Баку: Элм, 1971. 224 с.
22. Иванов В.П. Биологические ресурсы Каспийского моря. Автор, дисс. д.б.н. Астрахань. 1999.75 с.
23. Касымов А.Г. Зоопланктон западного побережья Южного Каспия // Зоол. журн. 1966. Т. 24, вып. 2. С. 33-40.
24. Касымов А.Г. Экология Каспийского озера. Баку. 1994.194 с.
25. Катунин Д.Н. Гидрохимический режим и изменение экосистемы Каспийского моря в XX веке. Сб. Биолог, ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 160-162.
26. Миронов О.Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. Киев: Наук, думка, 1971. 234 с.
27. Мусатов А.П. Антропогенное эвтрофирование водоемов // Вод. ресурсы. 1976. N 3. С. 85-104.
28. Некрасова С.О. Загрязнение поверхностных вод в дельте р. Волги. Сб. Биолог, ресурсы Каспийского моря. Астрахань. 1992. С. 284-285.

29. Салманов М.А. Микробиологическое изучение западного побережья Каспийского моря от Апшерона до Ленкорани // Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук. 1963. N 1. С. 53-60.

30. Салманов М.А. Сезонная динамика численности бактерий на западном побережье Южного Каспия от Апшерона до Астары // Биологическая продуктивность Куринско-Каспийского рыболовного района. Баку, 1967. С. 20-35.