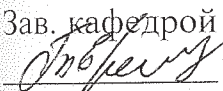


Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(РГГМУ)

Допущена к защите
Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент
 Т.Р. Еремина
10.06.2016

Кафедра
промышленной океанологии
и охраны природных вод

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

Учет нагрузки биогенными веществами при
обосновании мощности садковых хозяйств
размещаемых в прибрежной части моря

Выполнил(а)	Т.Е. Кувшинова, гр. О-438
Руководитель	к.г.н., доцент О.В. Хаймина

Санкт-Петербург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(РГГМУ)

Допущена к защите
Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент
_____ Т.Р. Еремина
____.06.2016

Кафедра
промышленной океанологии
и охраны природных вод

**ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

**Учет нагрузки биогенными веществами при
обосновании мощности садковых хозяйств
размещаемых в прибрежной части моря**

Выполнил(а)	Т.Е. Кувшинова, гр. О–438
Руководитель	к.г.н., доцент О.В. Хаймина

Санкт-Петербург 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Сокращения	4
Введение	5
1 Прибрежные районы Черного моря и Среднего Каспия как перспективные районы для развития марикультуры	7
1.1 Физико-географическая характеристика Среднего Каспия	8
1.2 Физико-географическая характеристика прибрежной зоны Черного моря	20
1.3 Объекты товарного выращивания	30
1.3.1 Радужная форель	30
1.3.2 Осетровые	33
2 Характеристика садкового хозяйства для выращивания товарной форели	35
2.1 Преимущества и особенности садкового рыбоводства	35
2.2 Расчет характеристик садкового форелеводческого хозяйства мощностью 1000 т	37
3 Обоснование возможности размещения и мощности садковых хозяйств в прибрежной зоне моря с учетом возрастающей нагрузки на акваторию биогенными веществами	45
3.1 Влияние деятельности садкового хозяйства на экологическое состояние водоема	46
3.2 Определение дополнительного поступления азота и фосфора от форелеводческого хозяйства мощностью 1000 т	49
3.3 Оценка допустимой мощности хозяйства и рекомендации по контролируемым параметрам производственного цикла и мониторингу состояния вод в зоне садков для оптимизации его деятельности.	58

Заключение	60
Список используемых источников	62

СОКРАЩЕНИЯ

ФАО	– Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН;
ККЗ	– Коэффициент кормовых затрат;
БПК ₅	– биохимическое потребление кислорода за 5 суток;
ПДК	– Предельно допустимая концентрация

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура в настоящее время играет все большую роль в обеспечении человечества продуктами питания. Она стремительно развивается, поскольку естественные рыбные запасы стремительно заканчиваются.

Развитие рыбного хозяйства перспективно, поскольку оно считается одной из наиболее глобальных и динамично развивающихся отраслей в мировом производстве продовольствия. Мировое рыбное производство в результате рыбного промысла и аквакультуры установило новый мировой рекорд в 2013 году – увеличив объем с 157 млн. т до 160 млн. т. По оценке ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), производство в сфере аквакультуры за 2013 год выросло с 67 до 70 млн. т, что в свою очередь составляет 44 % от общего объема производства рыбной продукции [1].

Развитие аквакультуры в прибрежной зоне морей – одно из наиболее перспективных направлений хозяйственной деятельности, в частности, развитие марикультуры на Крымском полуострове для России и на акватории Среднего Каспия для Казахстана. Однако формализованных рекомендаций по оценке воздействия на окружающую среду размещаемых в море хозяйств пока не принято.

Целью данной работы является обоснование возможности размещения и мощности садковых хозяйств в прибрежной зоне моря с учетом возрастающей нагрузки биогенными веществами на акваторию.

Для этого были поставлены следующие задачи работы:

1. дать физико-географическую характеристику прибрежных районов Черного моря и Среднего Каспия, как перспективных районов для развития марикультуры;
2. рассмотреть биологические особенности возможных объектов садкового рыбоводства для исследуемых морей;
3. рассчитать характеристики планируемого садкового хозяйства заданной мощности;
4. оценить дополнительное поступление биогенных веществ в результате деятельности рыбоводного хозяйства и его допустимую мощность с учетом интенсивности водообмена в зоне размещения садков;
5. сформулировать рекомендации по контролируемым параметрам производственного цикла и мониторингу состояния вод в зоне хозяйства для оптимизации его деятельности.

1 Прибрежные районы Черного моря и Среднего Каспия как перспективные районы для развития марикультуры

Начиная с середины 20 века, на рынке рыбы и морепродуктов нарастающими темпами увеличивается объем продукции аквакультуры. Из рисунка 1.1 видно, что в 1960 году объем производства аквакультуры в мире был достаточно маленький и составлял всего 1.6 млн т, к 2012 году объем увеличился почти в 42 раза и составил 66.6 млн т. В то же время объем промышленного рыболовства по сравнению с 1960 годом увеличился всего в 2.7 раз (1960 г. – 33.9 млн. т, 2012 г. – 91.3 млн. т).

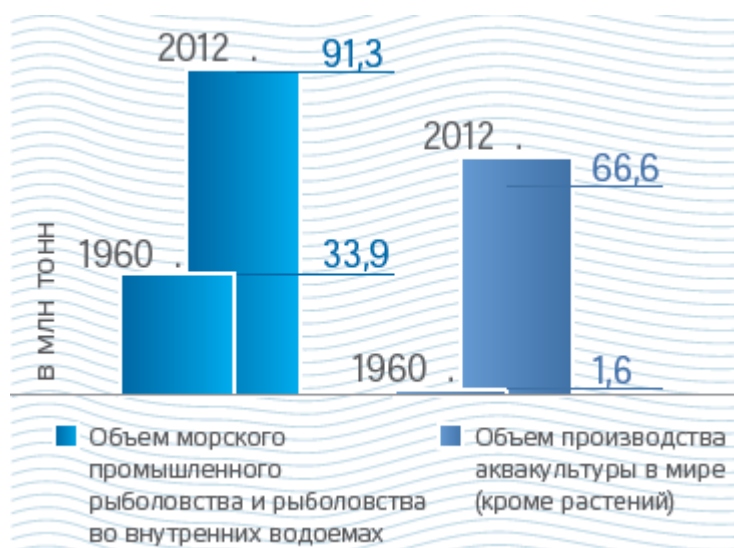


Рисунок 1.1 – Объемы промышленного рыболовства и производства аквакультуры в мире в 1960 г. и 2012 г. [1]

Население мира потребляет примерно 17 % животного белка, который очень богат витаминами, омега-3 жирными кислотами и питательными веществами, в виде рыбы.

Около 50 % морепродуктов в настоящее время выращивается искусственно, что является следствием обеднения большинства промысловых

акваторий от перелова и большим спросом на данный вид продукции. Таким образом, рыбные хозяйства растут на фоне падения уловов [1].

В России наблюдается тенденция к увеличению потребления рыбы населением, что можно увидеть на рисунке 1.2.

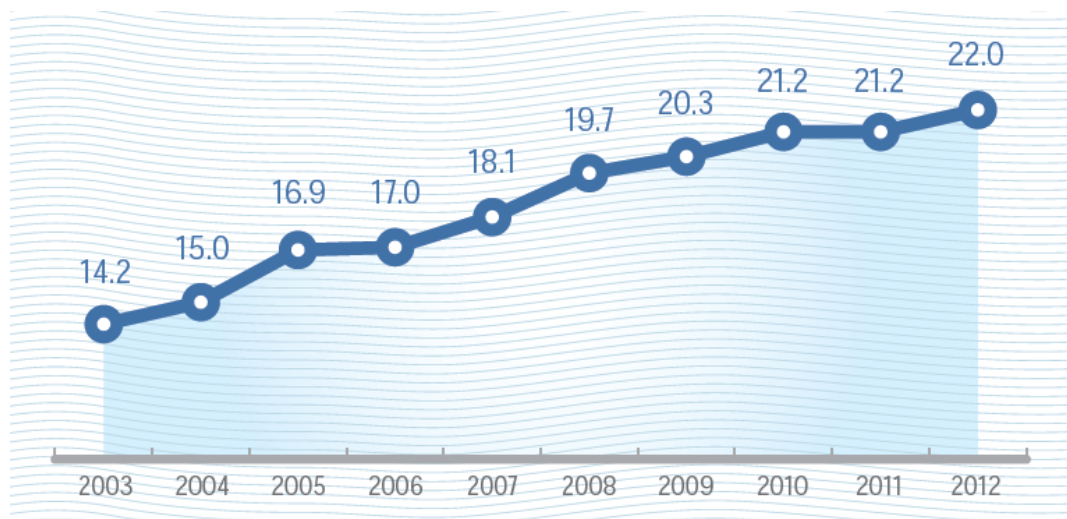


Рисунок 1.2 – Потребление рыбы в РФ, кг на душу населения [1]

К 2030 году на аквакультуру и рыбоводство будет приходиться около 62% от мирового производства рыбной продукции, чтобы удовлетворить растущий спрос [1, 2].

1.1 Физико-географическая характеристика Среднего Каспия

Каспийское море – это уникальный природный объект, который располагается в юго-восточной части Европейской территории России на границе Европы и Азии. Это море – крупнейший в мире бессточный водоем, оно очень удалено от Мирового океана и является изолированным. Располагается на 28 метров ниже уровня океана. Море вытянуто в меридиональном направлении на 1030 км, а в ширину на 435 км. На 2014 год

поверхность моря составляет около $378,4 \text{ тыс. км}^2$, а объём около 77 тыс. км^3 , при средней глубине в 208 м [3 – 9].

Каспийское море относят к типу «море-озеро» из-за характерных особенностей географического положения, изолированности и своеобразных вод. На севере и востоке моря находятся низменная равнинная полупустыня и возвышенная полупустыня. На юге – узкая прибрежная низменность и хребет Эльбрус. На западе – хребты Большого Кавказа, Куринская и Ленкоранская низменности.

На рисунке 1.3 представлена физическая карта Каспийского моря, на которой хорошо виден рельеф дна и типы берегов.

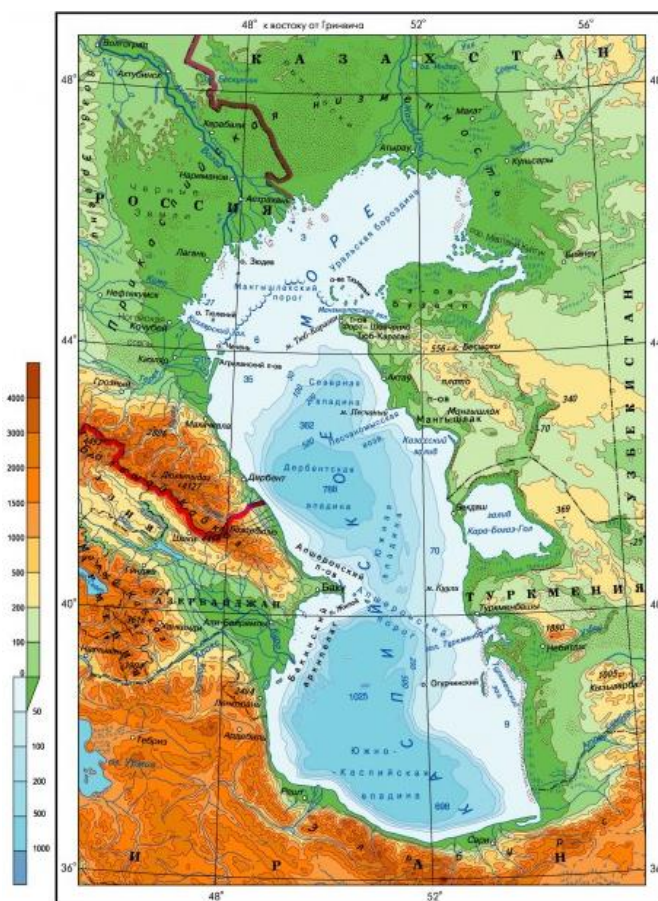


Рисунок 1.3 – Физическая карта Каспийского моря [10]

Типы берегов, окаймляющие море, можно увидеть на рисунке 1.4. Они достаточно хорошо сочетаются с рельефом моря. На севере располагается мелководье, а в центре и на юге моря глубокие впадины [3, 4].



Рисунок 1.4 – Типы берегов Каспийского моря [10]

Каспийское море можно поделить на 3 части по физико-географическим условиям – Северный Каспий, Средний Каспий и Южный Каспий. Их площадь составляет соответственно 25, 36, 39 процентов [4 – 9, 11 – 16].

Рассмотрим более подробно характеристику Средней части Каспийского моря. Восточный берег Среднего Каспия расположен значительно ниже, чем западный, у него нет поступления наносов из рек. На восточном берегу много мысов и кос, которые выступают далеко в море. Здесь преобладают абразионные берега, выработанные в известняках. В Среднем Каспии выделяют шельф, материковый склон и котловину. В северной части глубина составляет 15 – 25 м. Южнее глубины увеличиваются, особенно в центральной части, где находится глубокая Дербентская впадина с

максимальной глубиной около 790 м. Вдоль обоих берегов тянется узкая полоса с глубинами менее 20 м. Берега средней части приглубые, особенно западный берег [17].

К л и м а т Каспийского моря обуславливается его географическим положением, условиями атмосферной циркуляции, характером подстилающей поверхности и орографией берегов. Средняя часть Каспийского моря расположена сразу в нескольких климатических поясах: в умеренно теплом — на западе, в субтропическом влажном — на юго-западе, в пустынном — на востоке. Это влияет на сезонные особенности развития синоптических процессов, погоды. Зимой здесь достаточно сильные ветры, а также низкая температура воздуха. Ее средняя величина в средней части моря в январе-феврале достигает 8 – 10 °С.

Весной преобладает юго-восточный перенос, летом – северный и северо-западный. Наблюдаются ветра небольшой силы, которые направлены в основном с моря на сушу. У берега рельеф может создавать небольшие усиления ветра. Летом над морем достаточно хорошо прогретый воздух. Средняя температура летом составляет 27 °С [3, 18].

В Каспийское море впадает около 130 рек, водосборная площадь которых примерно в 10 раз превышает его собственную (3,5 млн. км²). Больше всего речной воды поступает в море весной и в начале лета, во время весеннего паводка. Речная сеть и поступление стока в море распределены неравномерно по побережью. В северной части это Волга, Урал и Терек с суммарным годовым стоком более 90 % общего материкового стока. В западной части в море впадают Сулак, Самур, Кура и более мелкие реки, в сумме дающие около 9 % стока. На Иранское побережье приходится примерно 1 % берегового стока. На восточном побережье нет ни одного постоянного водотока в море [3, 4, 18].

Особое внимание нужно обратить на **т е м п е р а т у р н ы й р е ж и м**. На акватории моря прослеживается увеличение температуры воды с севера на

юг примерно на 0.8°C на каждый градус широты, но летом у восточных берегов наблюдается понижение температуры. В восточной половине моря более высокая температура по сравнению с западной частью, что является следствием движения в восточных районах теплых южных вод на север и перемещения вдоль западных берегов холодных вод с севера на юг. Из-за большого теплозапаса вод в центральных районах, в них наблюдается повышенная температура воды в сравнении с прибрежной зоной [3, 4, 18].

В Среднем Каспии летом температура воды на поверхности составляет $24 - 25^{\circ}\text{C}$. Здесь в августе наблюдается аномальное понижение температуры воды, что является характерной особенностью распределения температуры в Каспийском море. Аномалия наблюдается у восточного берега на большой территории и ограничивается изотермой 23°C , а у западных берегов проявляется в меньшей степени и располагается в районе Дербента. Зимой температура на поверхности в Среднем Каспии составляет $2 - 4^{\circ}\text{C}$. Среднюю температуру воды на поверхности в форте Шевченко можно увидеть на рисунке 1.5.

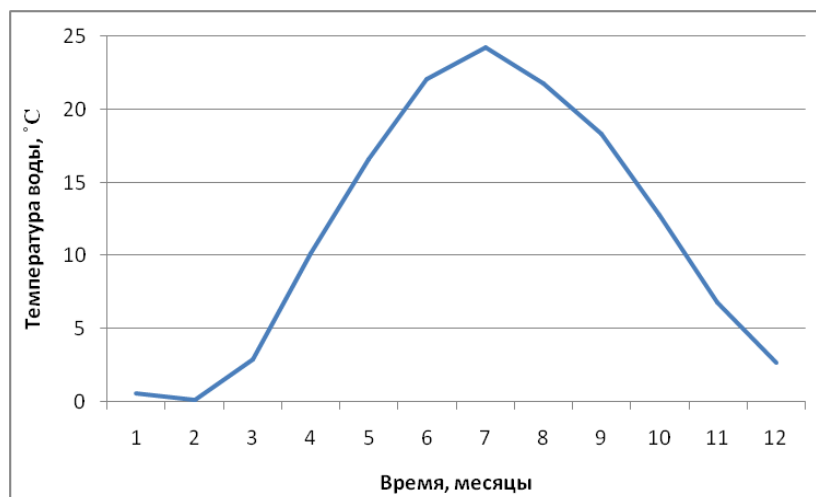


Рисунок 1.5 – Средняя температура воды на поверхности Каспийского моря (Форт Шевченко, Период:1977-1991) [по данным 19]

Распределение температуры по вертикали неравномерное в разные сезоны года. Зимой распределение температуры с глубиной более однородное из-за зимней вертикальной циркуляции. Летом на границе Северного и Среднего Каспия на глубинах до 20 – 25 м от горизонта 15 м температура воды резко понижается ко дну до 17 – 18 °С. На горизонтах 20 – 25 м в Среднем Каспии температура резко понижается с глубиной из-за расположения здесь летнего термоклина. С увеличением глубины температура понижается, на горизонте от 700 м до дна составляет 5 – 6 °С. Во время переходных сезонов происходит быстрое изменение температуры в верхнем 20-метровом слое [3, 4, 18]. На рисунке 1.6 представлено вертикальное распределение температуры воды для характерных месяцев каждого сезона.

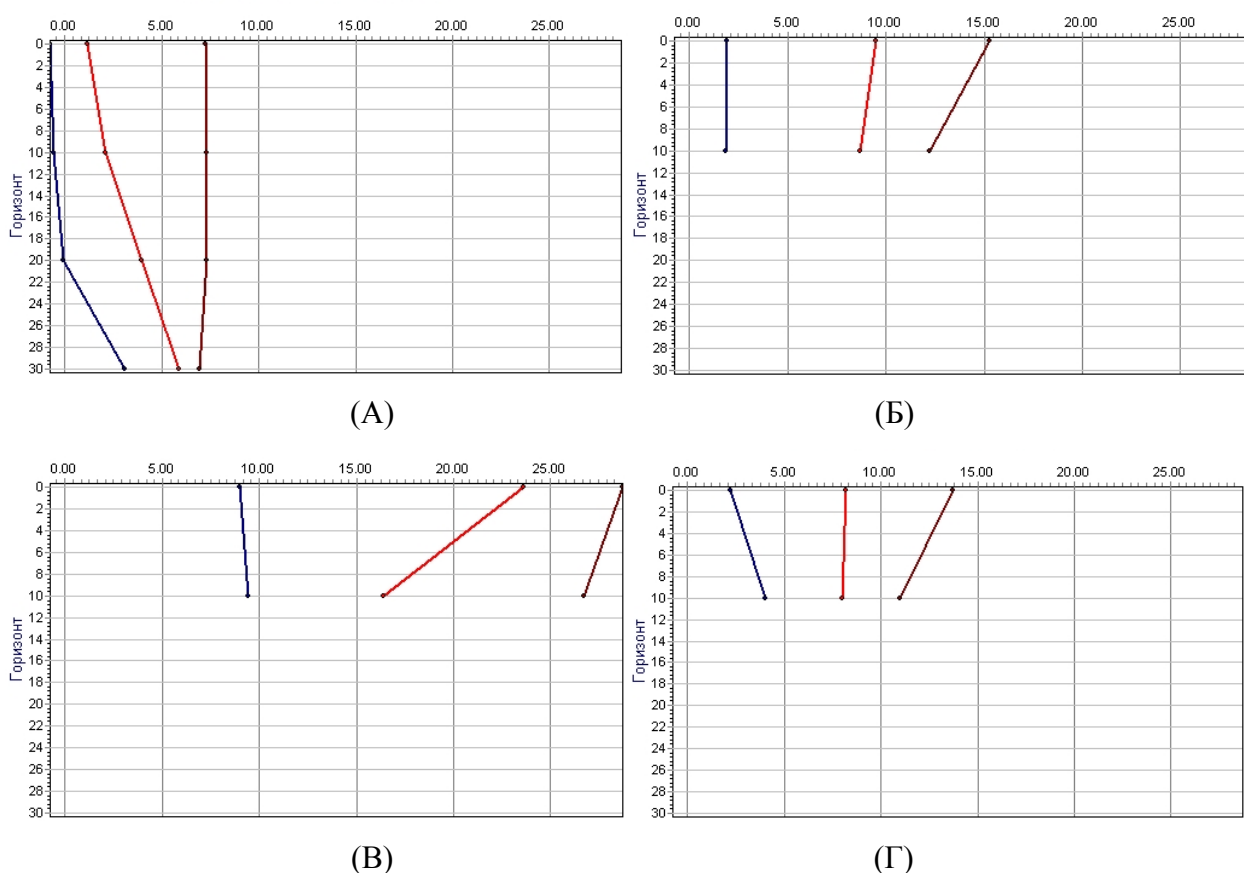


Рисунок 1.6 – Вертикальное распределение температуры воды в феврале (А), апреле (Б), июле (В), ноябре (Г) (Форт Шевченко) [19]

Основная особенность Среднего Каспия в летний период – это апвеллинг. Холодные глубинные воды поднимаются с различной интенсивностью, так как на них действуют преобладающие летом северо-западные ветра. Они вызывают отток тёплых поверхностных вод от берега и подъём более холодных вод из промежуточных слоев. Обычно апвеллинг начинается в июне, однако наибольшей интенсивности он достигает в июле – августе. На поверхности воды понижается температура ($7 - 15^{\circ}\text{C}$), горизонтальные градиенты температуры достигают 2.3°C на поверхности и 4.2°C на глубине 20 м. Летний апвеллинг имеет большое значение для Каспийского моря, так как кардинально меняет динамические процессы на глубоководной акватории [3, 20].

Формирование полей солёности в верхних слоях моря связано с речным стоком, ветром и циркуляцией вод. В некоторых районах моря на солёность влияют осадки и процессы таяния и образования льда [18].

Каспийское море является солоноватым водоемом. Солёность распределяется по вертикали достаточно равномерно. В средней части открытого моря солёность составляет в среднем $12 - 14\text{‰}$. В среднем Каспии от сезона к сезону солёность изменяется не более чем на 0.2‰ . Летом солёность меньше, чем зимой. Вблизи устьев рек сгонно-нагонные ветры могут вызывать кратковременные изменения солёности на $5 - 8\text{‰}$ [3 – 9, 11 – 16, 18].

В августе в центральном районе Среднего Каспия наблюдается область повышенной (13‰) солёности, которая сформировалась в связи с динамическими причинами. В остальной части моря солёность достаточно однородная ($12.8 - 12.9\text{‰}$).

По вертикали солёность распределяется однообразно от поверхности до дна. Обычно солёность уменьшается с увеличением глубины, но иногда в верхних слоях она выше, чем у нижележащих. Это зависит от поступления и распространения речных вод в море, влияния ветров, вертикальных движений

вод, внутренних волн. Зимой соленость с глубиной немного увеличивается (от 12.6 до 12.9 ‰). Однородность солености по вертикали в течение всего года в Среднем Каспии – характерная черта природы этого моря [3, 18]. На рисунке 1.7 можно увидеть распределение средней солености воды в форте Шевченко.



Рисунок 1.7 – Средняя соленость воды Каспийского моря (Форт Шевченко, Период:1977-1991) [по данным 19]

Вертикальное распределение океанологических характеристик в Каспийском море в основном определяется влиянием перемешивания вод [3].

Ветровое перемешивание протекает в течение всего года на больших свободных ото льда пространствах моря под действием интенсивных ветров. В верхнем слое воды оно выравнивает температуру, соленость и плотность. На нижней границе однородного слоя создаются резкие вертикальные градиенты характеристик. Эти градиенты не дают проникать вглубь ветровому перемешиванию и создают устойчивую структуру вод.

Конвективное перемешивание развивается везде в основном осенью и зимой из-за охлаждения и уплотнения поверхностных вод. Летом в восточных районах, когда интенсивное испарение увеличивает

соленость и плотность воды на поверхности, может возникать конвекция. Наиболее важно осенне-зимнее конвективное перемешивание. В летний период конвекция проявляется в меньших масштабах.

По классификации Н. Н. Зубова Среднему Каспию свойствен субполярный тип конвекции, где плотностное перемешивание возможно только из-за охлаждения поверхностных вод [3].

В среднем Каспии конвекция достигает в основном глубины 200 м, но в некоторых районах (разрез Дербент—Песчаный) проникает и до 300 м, что объясняется усилением выхолаживания вод и особенностями рельефа дна района.

В Каспийском море температура слоя, подверженного зимней вертикальной циркуляцией, всегда остается выше температуры нижних слоев, поэтому не образуется холодный промежуточный слой.

В море выделяются водные массы, определяющиеся температурой воды и содержанием растворенного кислорода (O_2 , мл/л). На основании этого в Каспийском море выделены следующие водные массы: северокаспийская, верхняя каспийская, глубинная среднекаспийская и глубинная южнокаспийская [3, 18].

У т е ч е н и й в Каспийском море довольно сложный характер, они формируют циклоническую циркуляцию вод, что можно увидеть на рисунке 1.8. Они формируются под воздействием ветра, пространственной неравномерности поля плотности, силы Кориолиса, конфигурации берегов и рельефа дна. В основном преобладают ветровые течения. Создается дрейфовый поток вод из северной части моря в южную. Апшеронский полуостров делит это течение на две ветви. Одна из них огибает Апшерон и движется на юг до Иранских берегов, другая ветвь отклоняется на восток и присоединяется к водам,двигающимся на север. У полуострова Мангышлак эти воды частично отклоняются на запад и замыкают циклонический круговорот в Среднем Каспии, частично уходят в северную часть моря.

ТЕЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

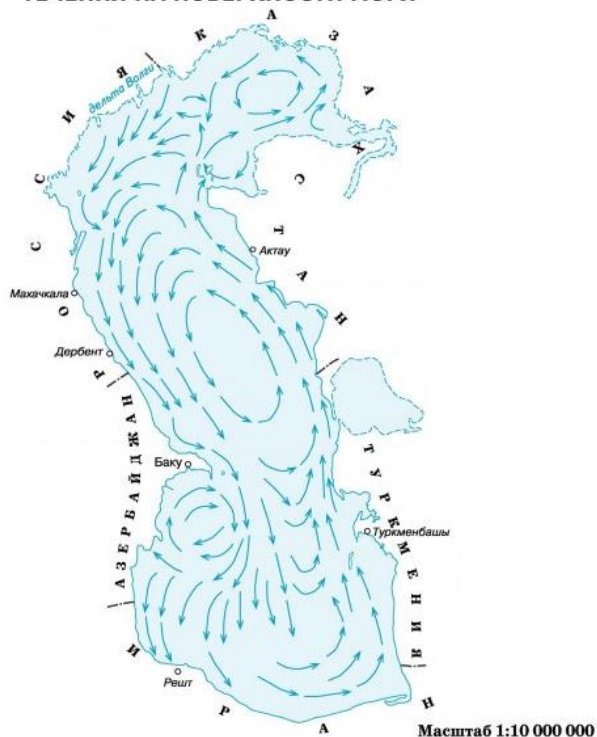


Рисунок 1.8 – Течения на поверхности Каспийского моря [10]

Скорость и устойчивость дрейфовых течений в средней части моря зависят от силы и продолжительности ветра. Наиболее значительные скорости (до 80 см/с) отмечаются у западных берегов Среднего Каспия при сильных северных ветрах. При слабых и неустойчивых ветрах этих направлений течения имеют скорость 5 – 10 см/с, а при умеренных ветрах 30 – 40 см/с. У восточных берегов преобладают течения со скоростью до 10 см/с, но наблюдаются потоки со скоростями до 30 см/с [3, 4, 18].

Замкнутое бесприливное Каспийское море обладает различными изменениями уровня.

Наивысшая отметка (–22.5 м) отмечена в начале 19 века, наинизшая (–28.7 м) – в 1973 году. На рисунке 1.9 представлен многолетний ход среднего уровня, на котором видно чередование периодов низкого и высокого уровня. Наиболее высокий уровень наблюдался в начале 19 века, затем с 1929 года из-за уменьшения речного стока уровень начал резко падать и наиболее низкий

уровень отмечался в 1977 году. С 1979 г. уровень стал повышаться и к марту 1995 г. был выше среднего многолетнего на 158 см.

В годовом ходе уровня максимум отмечается в июне – августе, а минимум в декабре – феврале. Величина сезонных колебаний уровня составляет 0.3 – 0.4 м, достигая значения 0.6 м [3, 4, 18].

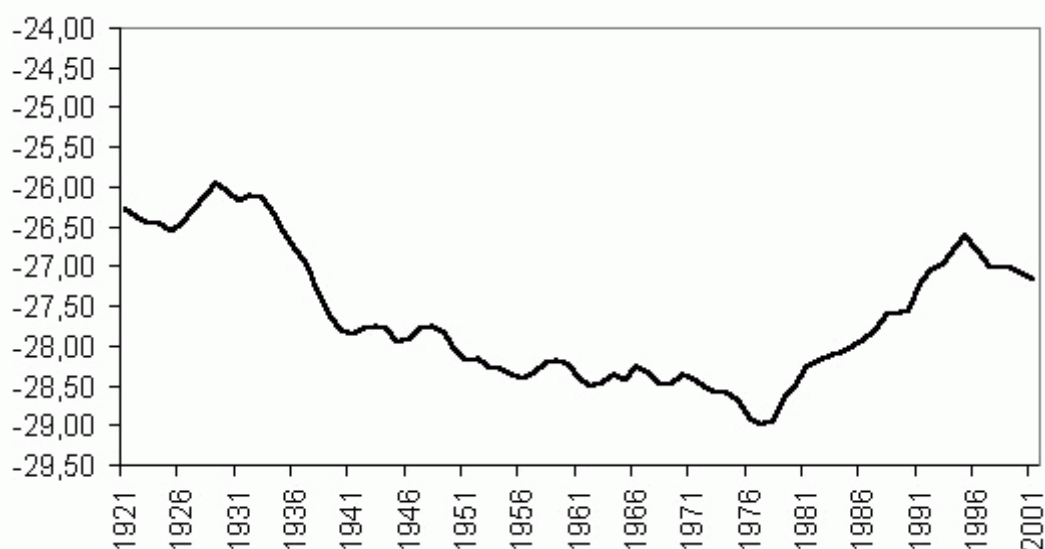


Рисунок 1.9 – Многолетний ход среднего уровня Каспийского моря [4]

Изменения положения уровня моря объясняются различными причинами, главная из которых – изменение крупномасштабных атмосферных процессов, которые протекают над Евразией. Смещение путей циклонов к северу в связи с потеплением Арктики вызвало преобладание антициклональной погоды в холодную половину года почти во всем водосборном бассейне Каспийского моря. Из-за этого здесь уменьшилось количество зимних осадков, сократился сток Волги и резко снизился уровень Каспийского моря.

Другая причина снижения стока – это его частичное изъятие для хозяйственных нужд, что еще несколько уменьшило приток речной воды.

В Каспии хорошо выражаются сгонно-нагонные колебания уровня. В Среднем Каспии главным образом наблюдаются нагоны величиной

11 – 30 см, а сгоны – 6 – 25 см, приуроченные преимущественно к осенне-зимнему сезону.

Каспийское море замерзает только в северной части, а глубокие районы Среднего Каспия всегда свободны ото льда. Но в Среднем Каспии нередко появляется лед, приносимый из Северного района [3, 4, 18].

Гидрохимические условия. Основные гидрохимические особенности проявляются в величинах и распределении основных составляющих химического состава воды (биогенные вещества, кислород, щелочность). В Среднем Каспии концентрация кремния может варьировать от 100 до 3000 мкг/л. С глубиной количество кремния увеличивается.

Количество растворенного кислорода довольно высоко. Зимой содержание кислорода на поверхности 7.5 – 8.5 мл/л, летом распределение на поверхности довольно равномерное и его характеризуется величинами 5.0 – 6.0 мл/л [3].

Каспийское море имеет широкое хозяйственное использование из-за его особенностей. В первую очередь здесь развита нефтедобывающая промышленность. Расположение разрабатываемых и перспективных нефтегазоносных участков представлено на рисунке 1.10.

Рыбная отрасль также играет значительную роль для хозяйственного использования Каспия, но не только рыболовство, но и рыбоводство, за счет которого увеличивается выход товарной продукции наиболее ценных видов рыб – осетровых и лососевых.

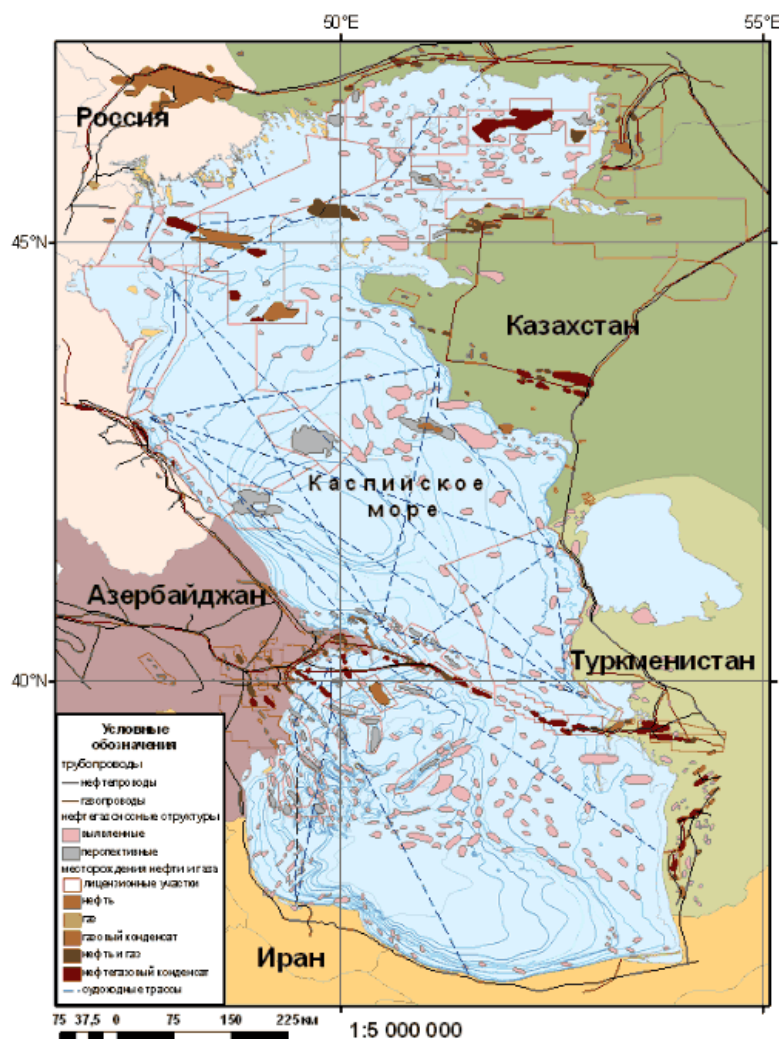


Рисунок 1.10 – Лицензионные участки газовых, нефтяных и нефтегазовых месторождений разной степени освоенности, выявленные и перспективные структуры, нефтегазопроводы, морские пути перевозки нефти [21]

1.2 Физико-географическая характеристика прибрежной части Черного моря

Черное море является внутренним морем бассейна Атлантического океана, оно почти полностью окружено сушей, но связь с Мировым океаном есть. Через проливы Босфор и Дарданеллы оно имеет выход в Мраморное море и далее в Средиземное море Атлантического океана. С Азовским морем Черное соединяется Керченским проливом. Море глубоко врезано в сушу и

вытянуто по широте, но сужено по середине, лежит между параллелями $43^{\circ} 33'$ и $40^{\circ} 56'$ с.ш. и меридианами $27^{\circ} 27'$ и $41^{\circ} 42'$ в.д. [3, 4, 22].

В настоящее время по данным различных авторов площадь моря изменяется в пределах от 406680 до 423000 км², длина береговой линии составляет 3400 – 4100 км, средняя глубина 1270 – 1315 м, максимальная глубина 2210 – 2258 м, объем воды 537000 – 555000 км³ [3 – 9, 11 – 16, 22].

На рисунке 1.11 представлена физическая карта Черного моря, где четко виден рельеф дна моря и разнообразный рельеф окружающих его берегов.



Рисунок 1.11 – Физическая карта Черного моря [23]

Типы берегов Черного моря довольно различны, их можно увидеть на рисунке 1.12, из которого видно, что море окружают в основном абразионные, измененные морем берега, реже встречаются их аккумулятивные формы. Вдоль всего южного берега Крымского полуострова параллельными грядами простираются Крымские горы, которые обрываются к морю почти отвесными скалами. Подводная часть черноморской котловины однообразная, в ней сочетается большая глубокая впадина с крутыми склонами и большое мелководье в северо-западной части, которое является самым большим по размерам шельфом Черного моря. Вдоль западного

побережья располагается широкая полоса с малыми глубинами. На большей части моря большие глубины находятся вблизи берегов, местами подступая к ним почти вплотную [3, 4, 22].

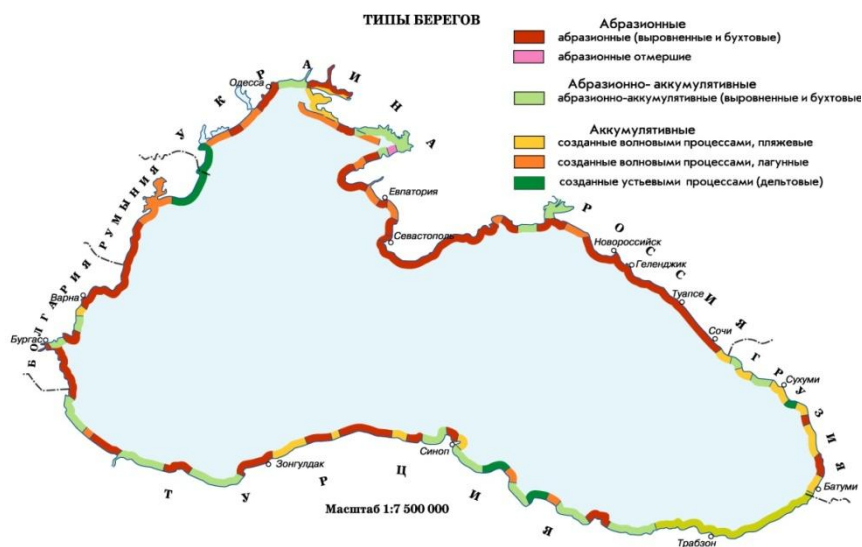


Рисунок 1.12 – Типы берегов Черного моря [23]

На Черном море довольно таки однородные климатические условия, это определяется положением внутри материка, вытянутостью вдоль параллели, малой площадью. Основные черты климата моря формируются под влиянием макроциркуляционных процессов, протекающих в средиземноморском климатическом регионе, таким образом, на большей части пространства черноморский климат сходен со средиземноморским (теплая влажная зима, жаркое и сухое лето) [3, 9, 22].

Основные сезонные особенности погоды над Черным морем зависят от действия Сибирского и Азорского максимумов, Азиатского минимума и Средиземноморского зимнего циклона. Зимой синоптическая обстановка обуславливает преобладание почти над всем морем северо-восточных ветров со средней месячной скоростью 7 – 8 м/с [3, 22].

Сильные и штормовые ветры развиваются здесь в основном в связи с прохождением циклонов. Температура воздуха в зимний период понижается

от открытого моря к берегам на северо-западе до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на северо-востоке до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха над открытым морем почти не бывает ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

Летом над всем морем наблюдаются северо-западные ветры со средней скоростью над открытым морем $3 - 5\text{ м/с}$, а над побережьем $- 2 - 5\text{ м/с}$. Сильные и штормовые ветры летом наблюдаются не часто и возникают при прохождении циклонов. Температура воздуха над морем летом однородна, средняя месячная температура воздуха в августе изменяется от $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ на северо-западе до $24 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ на востоке моря [3, 22].

В Черное море впадает много рек, вливающих в него за год более 310 км^3 пресной воды. Дунай дает самый большой сток (около $201\text{ км}^3/\text{год}$), Днепр около $52\text{ км}^3/\text{год}$, Днестр $10\text{ км}^3/\text{год}$, Южный Буг около $2\text{ км}^3/\text{год}$, Инглу $0,2\text{ км}^3/\text{год}$. Почти 80% суммарного речного стока поступает в северо-западную часть моря, много речной воды получает море вдоль Кавказских берегов [3, 5 – 9, 22].

Наибольший речной сток отмечается весной из-за паводка рек, осенью наблюдается минимальный сток. Межгодовой ход речного стока зависит от изменчивости стока наиболее водоносной реки — Дуная. У моря положительный пресный баланс, т.к. береговой сток и осадки превышают испарение примерно на 180 км^3 [3, 5 – 9, 11 – 16, 24].

Т е м п е р а т у р н ы й р е ж и м . Черное море имеет высокую среднюю температуру воды, обусловленную хорошим прогревом поверхности. Зимой в области больших глубин температура на поверхности равна $7 - 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, на мелководье происходят наиболее значительные изменения температуры по пространству – в феврале она меняется от $-0.5 - 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у берегов до $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ в открытой части.

Летом температура также повышается по всей площади до $25 - 26\text{ }^{\circ}\text{C}$. На рисунке 1.13 показано распределение средней температуры воды на поверхности Черного моря в Севастополе.

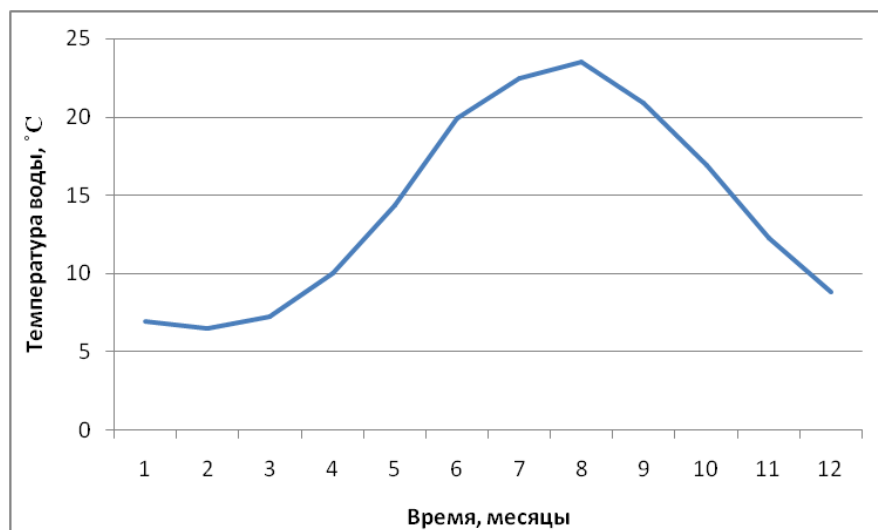


Рисунок 1.13 – Средняя температура воды на поверхности Черного моря (Севастополь, Период:1977-1995) [по данным 25]

Распределение температуры по вертикали можно увидеть на рисунке 1.14. В основном наблюдается наибольшая температура воды на поверхности, понижение температуры до глубины 60 – 75 м, далее медленное повышение температуры с глубиной и на глубинах около 2000 м у дна достижение температуры 9.2 °C, что является следствием геотермического притока тепла ото дна. Холодный промежуточный слой с температурой 7 – 8 °C в открытых районах моря расположен на горизонтах 75 – 100 м. Сезонное изменение температуры воды наблюдается до горизонтов 150 – 200 м, но больше они выражены в верхних 50 – 60 м, оно зависит от особенностей атмосферных процессов над морем [3].

Изменение солёности по сезонам зависит от речного стока и поступления солёных вод из Мраморного моря. Средняя солёность моря составляет 18 ‰, что можно увидеть на рисунке 1.15, на поверхности моря она в среднем почти в 2 раза меньше солёности поверхностных вод Мирового океана.

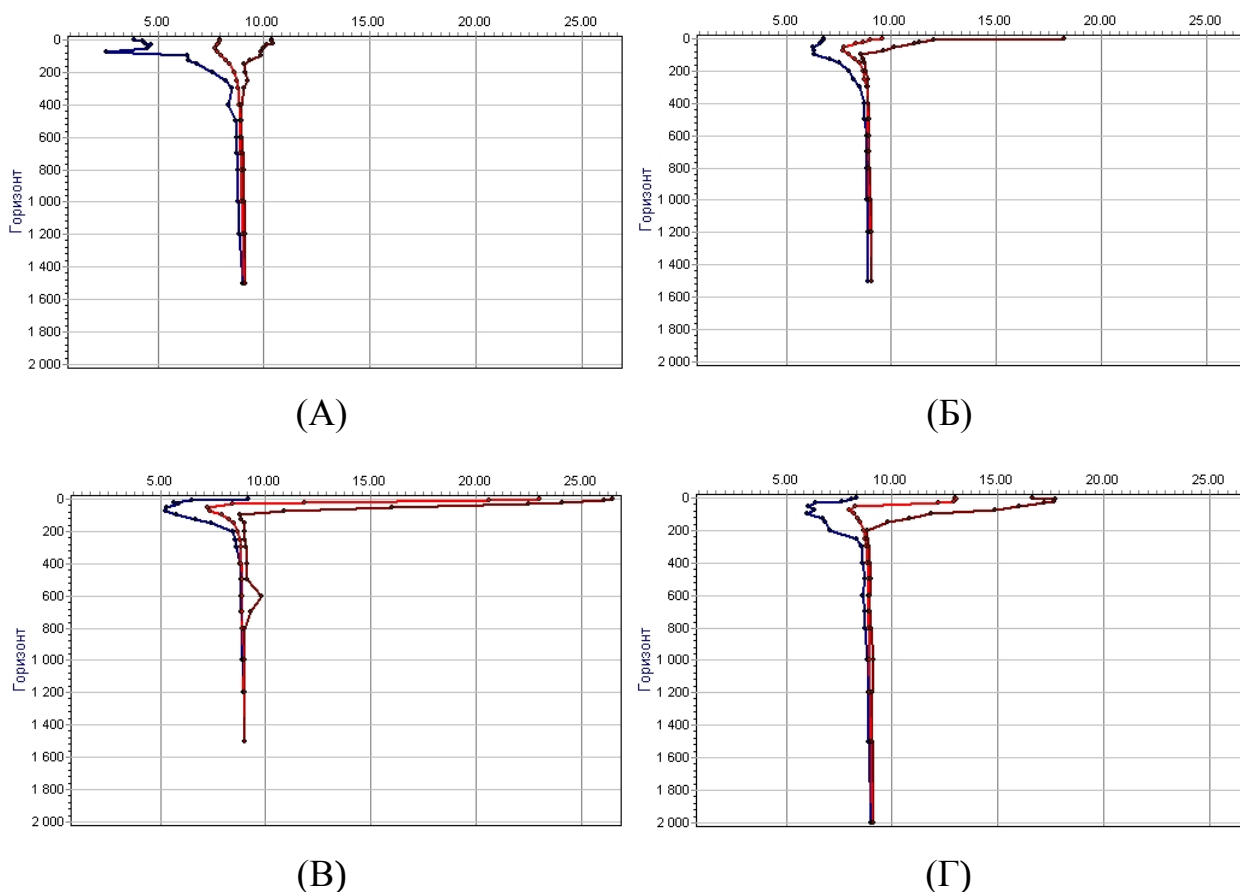


Рисунок 1.16 – Вертикальное распределение температуры воды в Черном море в феврале (А), апреле (Б), июле (В) и ноябре (Г) [25]

До 5 – 10 ‰ соленость понижается в узкой прибрежной полосе и вблизи устьев крупных рек. Небольшое опреснение, вызванное проникновением менее соленых вод Азовского моря, происходит у Керченского пролива и у восточного берега Крыма. Поверхностная соленость изменяется по сезонам, это хорошо видно в опресняемых районах. Зимой соленость повышается из-за уменьшения стока речных вод в море, а в северо-западной части в связи с осолонением при льдообразовании. Летом происходит распреснение из-за значительного речного стока и поступления воды из Азовского моря [3, 5 – 9, 11 -16, 22, 24].



Рисунок 1.15 – Средняя соленость воды (Севастополь, Период:1977-1985)
[по данным 25]

Соленость увеличивается с глубиной в открытой части моря от 17 – 18 ‰ на поверхности до 22.3 ‰ у дна. Важной особенностью распределения солености по вертикали является существование галоклина на глубинах 90—120 м, в котором она увеличивается от 18.5 до 21.5 ‰. Соленость различна на разных горизонтах в связи с распресняющим влиянием речного стока и поступлением в глубинные слои моря соленых (34 – 35 ‰) мраморноморских вод и особенностями общей циркуляции вод Черного моря. Сезонные изменения солености видны до горизонта 100 – 150 м, глубже вертикальное распределение солености одинаково по всему морю [3, 5 - 9, 11 – 16, 22, 24].

Осенью при слабом расслоении поверхностных и нижележащих вод сильные продолжительные ветры перемешивают воды от поверхности до горизонтов 15 – 20 м. Дальнейшее углубление верхнего однородного слоя в течение поздней осени происходит за счет совместного конвективно-ветрового перемешивания. Весной и летом распресненные речным стоком поверхностные воды подстилают более соленые воды, создается устойчивая

стратификация. Слабые ветры этих сезонов перемешивают только верхние 5 – 10 метров, в которых характеристики распределяются почти однородно [3, 22].

Конвекцию в Черном море вызывают осеннее охлаждение вод и их весенний прогрев. Осенняя конвекция более значительна, чем весенняя, но и в холодные сезоны температура воды на поверхности в открытых районах почти не бывает ниже 6 – 7 °С. Лишь в зоне льдообразования имеет место термохалинная конвекция. В море выделяются четыре водные массы – поверхностную, прибрежную, промежуточную и глубинную [3].

Следует обратить внимание на течения в Черном море, которые представлены на рисунке 1.16. Существует циклоническое течение, которое опоясывает все побережье моря. Внутри него есть циклонические круговороты со скоростями течений до 10 см/с в центральных и до 25 см/с в периферийных областях. Между круговоротами наблюдается устойчивое течение от Синопа к Кавказскому побережью со скоростью до 45 см/с.

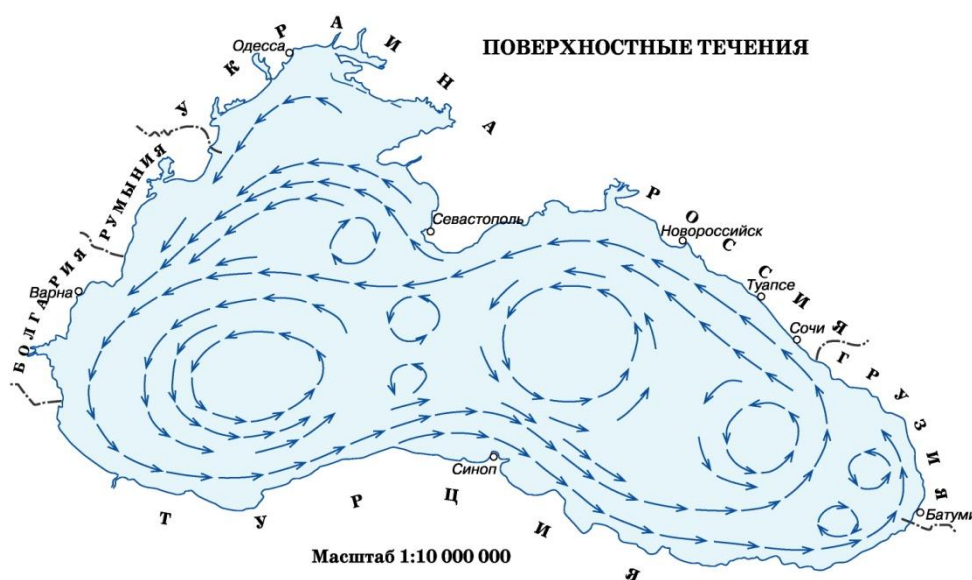


Рисунок 1.16 – Поверхностные течения Черного моря [23]

На больших глубинах (150 – 500 м) циркуляция схожа с поверхностной, горизонтальная циркуляция хорошо заметна от поверхности до дна [3, 5 – 9, 11 – 16, 22, 24].

Вертикальные движения вод в море выражены слабо в связи с их переслоенностью по плотности. Скорости вертикальных токов в зонах сильных вихрей равны 5×10^{-3} см/с, а в зонах слабых вихрей – 1.5×10^{-4} см/с. Зоны вергенции выражены слабо, они проявляются в смежных районах циклонических круговоротов, где происходит схождение или расхождение течений.

Своеобразными фронтальными зонами являются области соприкосновения речных и морских вод. Видимой границей между ними служит различие в цвете каждой из этих вод. Наиболее яркими фронтальными зонами являются зоны в северо-западной части моря и у Кавказских берегов, где сосредоточен значительный речной сток [3, 22, 26].

Сильное волнение наиболее часто развивается в северо-западной, северо-восточной и центральной частях моря. В море преобладают волны высотой 1 – 3 м. В открытых районах максимальные высоты волн достигают 11 м и более. В прибрежной зоне преобладают волны мелкого моря [3, 4, 22].

Уровень моря претерпевает сезонные колебания, которые создаются в основном из-за разного поступления речных вод в море от сезона к сезону. Обычно более высокое стояние уровня наблюдается в мае – июле, а понижение – в октябре – ноябре. Разница между летним и зимним положениями уровня составляет 30 – 40 см.

Сгоны и нагоны вызывают значительные по величине непериодические изменения уровня продолжительностью обычно 4 – 8 суток. На северо-западе наибольшие нагоны вызывают юго-восточные ветры. Западно-северо-западные и северо-западные ветра приводят к значительным сгонам. У Кавказских берегов ветры одних и тех же

направлений могут вызывать либо сгонные понижения, либо нагонные повышения уровня в зависимости от местных особенностей побережья [3, 22].

Пространства Черного моря, за небольшим исключением, всегда свободны ото льда. Лишь иногда северо-западная часть прибрежных вод покрывается льдом. Обычно лед образуется в середине декабря и в течение зимы ледяной покров неустойчив – происходит то вскрытие, то замерзание прибрежной зоны моря. Толщина льда достигает 14 – 15 см, а в суровые зимы до 50—55 см. Вскрытие начинается в конце февраля – начале марта. К концу марта льды повсеместно полностью исчезают [3, 5 – 9, 11 – 16, 22, 24].

Гидрохимические условия. Одна из особенностей Черного моря – это отсутствие кислорода на горизонтах от 170 – 180 м и до дна. Его другая специфическая черта — это наличие ядовитого сероводорода, который распространен во всей толще воды от нижней границы кислородного слоя (170 –180 м) до самого дна [3, 4].

До глубины 125 – 150 м кислород присутствует всегда и повсюду в море. Его содержание изменяется в основном по вертикали. До горизонта 50 м кислорода много, содержание близко к насыщению и определяется температурой, циркуляцией и фотосинтезом вод. С увеличением глубины концентрация газа уменьшается и на горизонтах 150—180 м его очень мало, а глубже практически нет.

Концентрация и распределение кислорода по вертикали в верхнем слое подвержены сезонным изменениям. Зимой содержание кислорода составляет около 7 мл/л и почти одинаково по акватории и по глубине до горизонта 50 м в центральных и до 100 м в прибрежных районах.

Граница между кислородным и сероводородным слоями размыта и представляется как переходная зона, где оба газа присутствуют одновременно в наибольших количествах. В сероводородной зоне Черного моря содержание этого газа увеличивается от 0.15 мг/л на глубине 150 м до 8 – 10 мг/л на горизонте 1500 м, а глубже почти стабилизируется [3, 27].

В. И. Беляев, Т. А. Айзатулин, Б. А. Скопинцев сделали вывод, что причиной сероводородного заражения Черного моря является установившийся равновесный круговорот соединений серы, а не застой глубинных вод моря [3].

Хозяйственное использование. Черное море широко используется в хозяйственной жизни страны. Оно является значимой транспортной магистралью, а также рекреационным ресурсом.

Важен океанический промысел Черноморских рыбохозяйственных предприятий. Широко развивается марикультура в разных районах побережья Черного моря [3].

Выбор объекта выращивания в значительной степени определяется природно-климатическим фактором, т.е. зависит от температуры, солености, содержания кислорода в водоеме. Также выбор зависит от водоема и качества водной среды. Водная среда определяется экосистемой водоема и его гидрологическим режимом. Необходимо учитывать не только влияние условий среды на рыб, но и реакцию экосистемы на садковое выращивание рыбы.

1.3 Объекты товарного выращивания

В качестве возможных объектов выращивания в морском садковом хозяйстве рассмотрим радужную форель и осетровых.

1.3.1 Радужная форель

Основными объектами форелеводства являются радужная форель и ее подвиды: форель камлопс, стальноголовый лосось, форель Дональдсона. Радужная форель и стальноголовый лосось являются наиболее распространенными объектами выращивания.

Радужная форель относится к семейству лососевых и является одним из наиболее распространенных объектов разведения и акклиматизации. Форель и продукты из нее (балычные изделия, красная икра) являются деликатесами, поэтому цена и спрос на нее достаточно высоки, следовательно, производство форели имеет высокую окупаемость.

Радужная форель существует в проходной, озерной и озерно-речной формах. Она родом из тихоокеанского побережья Северной Америки. Этот вид является наиболее эвритермным среди лососевых и имеет максимальное широтное распространение.

Данный вид был завезен в Европу из Северной Америки в 80-х годах 19 века в виде нескольких разновидностей стальноголового лосося и достаточно быстро стала играть главную роль в рыбоводстве. Она культивируется более чем в 100 странах мира, а общий ежегодный объем производства достигает 150 тыс.т [28].

Форель достигает в длину 50 – 90 см, массы до 2 кг, но иногда достигает 6 кг. Когда форель нерестится, радужная полоса вдоль боковой линии меняет цвет на фиолетовый и красный. Все тело рыбы покрывают темные пятна.

У нее своеобразная реакция на свет: она не любит яркого солнечного освещения, прячется в затененные места, под камни и коряги, уходит на глубокие места, но не любит полное затемнение. Наиболее активна радужная форель в пасмурную и облачную погоду, а также утром и вечером. Внутреннее строение радужной форели характерно для всех лососевых рыб. Форель – открытопузырная рыба. Для пополнения запасов воздуха в плавательном пузыре она должна иметь доступ к атмосферному воздуху. Из-за этого ее нельзя разводить в замкнутых садках, целиком погруженных в воду, а также в замерзающих водоемах.

Созревает форель к 3 – 4 годам. Нерест зависит от температуры воды и происходит весной при температуре воды 3 – 8 °С в верховьях рек и ручьев.

Плодовитость составляет около 1.6 – 2 тысяч икринок на 1 кг массы рыбы. Икра донная и крупная, диаметр икринок достигает 4 – 6.5 мм.

Радужная форель неприхотлива к условиям обитания, у нее достаточно широкий спектр питания, зависящий от места обитания, возраста, размера форели, сезона, кормовой базы. Радужная форель – эврифаг, но отмечается выраженная селективность в питании. Взрослая форель является хищником. В ее рационе встречаются лягушки, мелкие рачки, личинки насекомых, мелкая рыба. При искусственном выращивании форель потребляет очень разнообразные компоненты в составе кормов. Пищевая активность радужной форели высокая целый год: она не прекращает питаться даже в период нереста [29].

Форель является холодолюбивым видом, предпочитает прозрачные воды, где содержание кислорода высокое (9 – 11 мг/л). Оптимальная температура для выращивания составляет 15 – 18 °С, но пределы достаточно широкие: от 0.1 – 0.5 до 23 – 25 °С. При температуре воды выше 20 °С форель будет чувствовать себя некомфортно. Она достаточно устойчива к солености воды: личинки и мальки адаптируются к солености 5 – 8 ‰, сеголетки – годовики – к 20 – 25 ‰, а двухлетки и старше – к 30 – 35 ‰, т.е. к океанической.

Радужная форель обладает достаточно высокой адаптацией к окружающим условиям, поэтому она так широко распространена в природе [28].

Форель выращивают в бассейнах, лотках, прудах, каналах, сетчатых садках. Вода может быть различного происхождения: речная, озерная, подземная, родниковая, морская, геотермальная и отработанная ТЭС [30].

1.3.2 Осетровые

Осетровые рыбы очень ценны в связи с их мясом и икрой. Большая часть осетровых рыб нагуливается в море, а в реки возвращается для икрометания. Осетровые рыбы считаются очень древними, их предки плавали еще в морях Юрского периода. Также их следы находят в меловых отложениях. Тело их веретенообразное и покрыто костными пластинками. Являются бескостными рыбами, центральный позвоночный столб – хрящевая хорда. На голове находится вытянутое рыло, рот расположен внизу.

В основном рыба ведет донный образ жизни. В питании предпочитает червей, моллюсков, личинок насекомых и рыб.

Осетровые рыбы образуют так называемые жилые пресноводные формы, которые совершают миграции в реках не выходя в море [31].

В данный момент известно 17 видов осетровых, все являются ценными промысловыми рыбами. Наиболее перспективны для товарного осетроводства – белуга и калуга, атлантический, сибирский и русский осетры, шип. [30, 32].

В основном это проходные рыбы, но бывают и пресноводные. Самой мелкой из них считается стерлядь, она достигает в длину всего 30 – 90 см, а весит 0.5 – 4 кг. Самой крупной считают белугу, достигающую в длину 9 м и веса до 2 т при стандартном промысловом весе 60 – 80 кг. Созревают самки волжской белуги примерно за 22 – 27 лет, возраст достигает до 100 лет. Белуга по праву считается самой крупной пресноводной рыбой.

Молодь питается донными беспозвоночными, взрослые же особи питаются в основном рыбой. Плодовитость достигает 5 млн. икринок, но зависит от размера особи.

В настоящее время развивается культивирование осетровых, но при этом возникает проблема – они очень медленно растут и созревают. Однако, высокая цена на мировом рынке на мясо и черную икру этих рыб является

сильным стимулом для аквакультуры. Но к сожалению количество выращенных осетров еще очень далеко от былого изобилия [32].

Осетровые приспособлены к изменчивости температур. Оптимальная для них температура 20 – 26 °С, максимальная температура 30 – 32 °С, эффективный рост происходит при температуре выше 10 °С [29].

В качестве объекта выращивания в рамках данной работы была выбрана радужная форель. В настоящее время спрос на ценные породы рыб не уменьшается, а только возрастает, что в свою очередь является отличным стимулом для товарного производства форели. В морской воде форель растет более интенсивно, чем в пресной, а способность радужной форели, как пресноводного вида хорошо переносить соленость, может позволить создать морское хозяйство, где за один – два сезона можно вырастить рыбу массой до 1.5 – 2кг.

2 Характеристика садкового хозяйства для выращивания товарной форели

Одной из главных ветвей индустриального рыбоводства является садковое выращивание. Выращивание в садках возможно благодаря способности рыб развиваться в особых условиях замкнутого пространства в садках. Рассмотрим это более подробно.

2.1 Преимущества и особенности садкового рыбоводства

Садковое рыбоводство является наиболее распространенной технологией разведения рыб во всем мире. Садки бывают различных размеров и площадей. Их изготавливают в основном из бамбуковых или металлических планок и сетной камеры. Садковые хозяйства обладают рядом преимуществ, которые можно увидеть на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Преимущества садковых хозяйств

Главные требования, которым должны отвечать объекты выращивания в садках, представлены в виде схемы на рисунке 2.2.

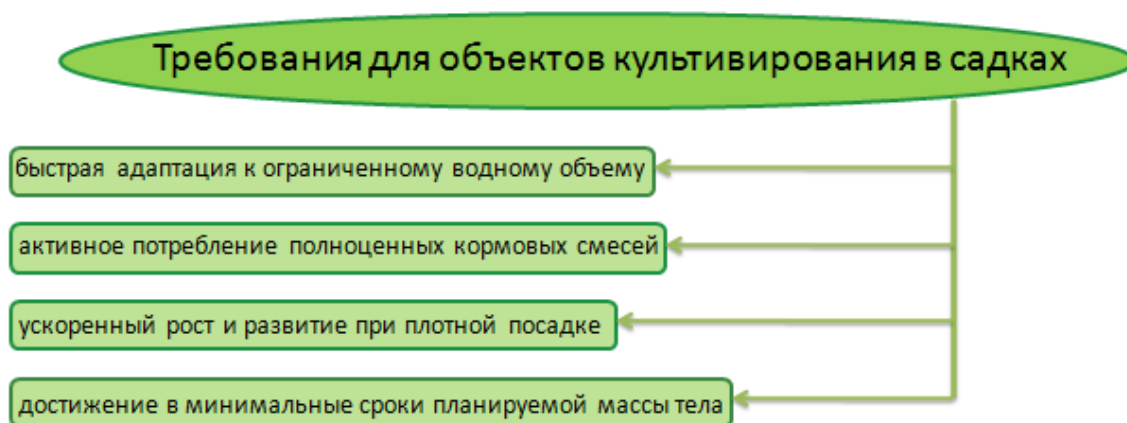


Рисунок 2.2 – Требования для объектов культивирования в садках

Наиболее благоприятные условия для содержания рыбы в садках создаются в проточных водоемах, т.к. в садки приносятся кормовые организмы, уносятся продукты метаболизма рыб, а плотность посадки может быть увеличена, по сравнению с непроточными водоемами.

Садки устанавливают на места с большими глубинами, чтобы отходы погружались на дно и не выносились в верхние слои. Желательна установка садков в чистых водоемах, поскольку в загрязненной воде взвеси затрудняют дыхание, снижают активность питания и роста, и могут быть причиной гибели рыбы.

Грунт в месте установки садка должен быть плотным, проточность должна составлять от 0.1 до 0.5 м/с. При выборе места расположения хозяйства важное значение имеет поступление азота и фосфора, которые влияют на эвтрофирование водоема и содержание кислорода в воде (предельный уровень содержания кислорода в воде для форели – 7 мг/л). Поэтому в садках выращивают ограниченное количество рыбы, а мощность ограничивается поступлением большого количества продуктов жизнедеятельности рыб и остатков корма. Для этого рассчитывается объем сброса органических веществ так, чтобы он не превышал способности водоема к самоочищению [33].

На размещение садковых хозяйств оказывают влияние несколько факторов. Во-первых, наличие квалифицированных трудовых ресурсов. Во-вторых, рядом должен быть рынок сбыта. В-третьих, это наличие кормовой базы, проблема заключается в малом развитии такой отрасли как производство рыбных кормов в России. В-четвертых, оказывают влияние морские пути, нужно, чтобы хозяйства не препятствовали им и не находились под их воздействием. В-пятых, в Северном Каспии активно добывают нефть, и нужно учитывать удаленность и влияние нефтедобывающих установок. Все эти факторы представлены в виде схемы на рисунке 2.3.

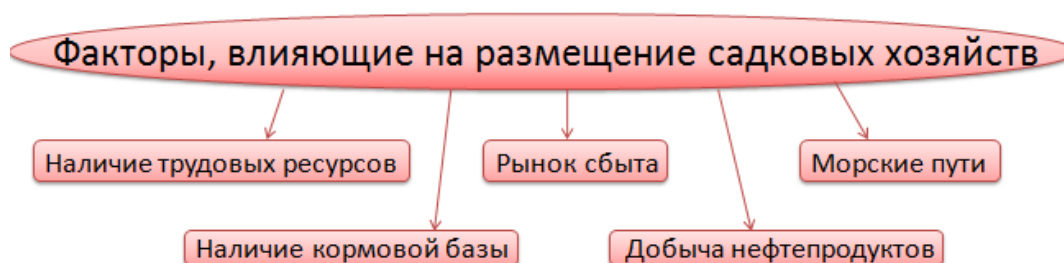


Рисунок 2.3 – Факторы, влияющие на размещение садковых хозяйств

Также при размещении садковых хозяйств существуют риски для природы (поступление биогенных веществ в водоем) и для хозяйства (заболевшая и сбежавшая рыба).

2.2 Расчет характеристик садкового форелеводческого хозяйства мощностью 1000 т

Для того чтобы вырастить товарную рыбу, пользующуюся наибольшим потребительским спросом, хозяйству требуется посадочный материал определенного размера. Используя рекомендации С. С. Григорьева и Н. А. Седова «Индустриальное рыбоводство» [33], в качестве посадочного материала в морскую воду были выбраны сеголетки массой 6 г.

В таблице 2.1 показан пример расчета характеристик форелевого хозяйства мощностью 1000 т, выполненные с учетом рекомендаций [34].

Для эффективного выращивания рыб очень важны такие факторы как планирование производства, подбор подходящего корма и выбор правильной стратегии кормления. Темп роста рыб и эффективность использования кормов оцениваются двумя основными показателями: удельной скоростью роста (среднесуточным приростом) и коэффициентом кормовых затрат (ККЗ) [34].

Сначала была вычислена продолжительность периода выращивания (Т, сутки) при различных удельных скоростях роста рыбы:

$$T = \frac{(\ln M_1 - \ln M_0) \times 100}{SGR}, \quad (2.1)$$

Где M_1 – конечная масса рыбы,

M_0 – начальная масса рыбы,

SGR – удельная скорость роста.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.2 и на рисунке 2.4, на котором видно, что дольше всего форель растет от 10 до 30 г.

Для дальнейших расчетов была выбрана самая эффективная скорость роста рыбы $SGR = 0.9 \%$ в сутки, что соответствует кормлению по полной норме и свойственно выращиванию в морской воде при оптимальном диапазоне температур.

Температуры от 7°C до 18°C – это диапазон оптимального питания форели (рис. 2.5). За пределами этого диапазона рыба теряет аппетит и прекращает кормиться [35].

Таблица 2.1 – Пример расчета характеристик форелевого хозяйства мощностью 1000 т товарной форели

Номер периода	Средняя масса рыбы, г		Марка корма	Гранулы крупки	Отход за этап, %	прирост массы, г	Кол-во рыб, тыс.шт		прирост биомассы, кг	КК 3	Потр. в корме, кг	Расф-ка, кг	Кол. упак., шт	Корма под заказ, кг
	нач	кон					Нач	кон						
1	0.1	0.2	Futura	кр. 0	10	0.1	1772.2	1594.9	177.2	0.8	141.8	20	7	1.4
	0.2	0.5	Futura	кр. 1	10	0.3	1594.9	1435.4	478.5	0.8	382.8	20	19	3.8
2	0.5	1	Futura	кр. 2	20	0.5	1435.4	1148.4	717.7	0.8	574.2	20	29	5.7
3	1	3	Futura	кр. 2	7.5	2	1148.4	1062.2	2296.7	0.8	1837.4	20	92	18.4
	6	10	Futura	кр. 3	7.5	4	1062.2	982.6	4248.9	0.8	3399.1	20	170	34.0
	10	30	Futura	кр. 4	7.5	20	982.6	908.9	19651.2	0.8	15721.0	20	786	157.2
	30	50	Performa	гр. 1.5	7.5	20	908.9	840.7	18177.4	0.9	16359.6	25	655	163.6
4	50	100	Performa	гр. 2.0	10	50	840.7	756.6	42035.2	1.0	42035.2	25	1682	420.4
5	100	150	Silver	3 мм	2.5	50	756.6	737.7	37831.7	1.0	37831.7	25	1514	378.3
	150	250	Silver	4.5 мм	2.5	100	737.7	719.3	73771.8	1.0	73771.8	25	2951	737.7
	250	500	Silver	6 мм	2.5	250	719.3	701.3	179818.7	1.0	179818.7	25	7193	1798.2
	500	700	Silver	9 мм	2.5	200	701.3	683.8	140258.6	1.0	140258.6	25	5611	1402.6
	700	1500	Silver	9 мм	2.5	800	683.8	666.7	547008.5	1.0	547008.5	25	21881	5470.1

Таблица 2.2 – Продолжительность периода выращивания форели на разных этапах развития

Этап выращивания	Масса нач, г	Масса кон, г	T (сут) при SGR=0.7 %	T (сут) при SGR=0.8 %	T (сут) при SGR=0.9 %
Сеголетки	6	10	73.0	63.9	56.8
	10	30	156.9	137.3	122.1
	30	50	73.0	63.9	56.8
Годовики	50	100	99.0	86.6	77.0
Двухлетки	100	150	57.9	50.7	45.1
	150	250	73.0	63.9	56.8
	250	500	99.0	86.6	77.0
Двухгодовики	500	700	48.1	42.1	37.4
	700	1500	108.9	95.3	84.7

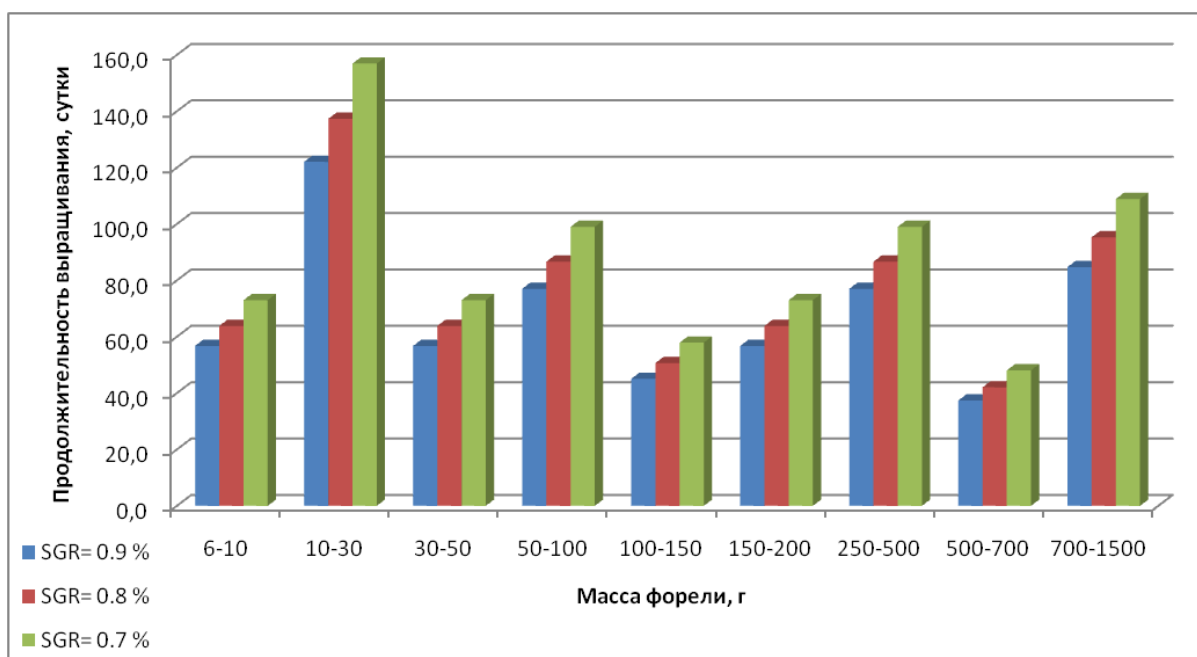


Рисунок 2.4 – Продолжительность периода выращивания форели при различных удельных скоростях роста рыбы

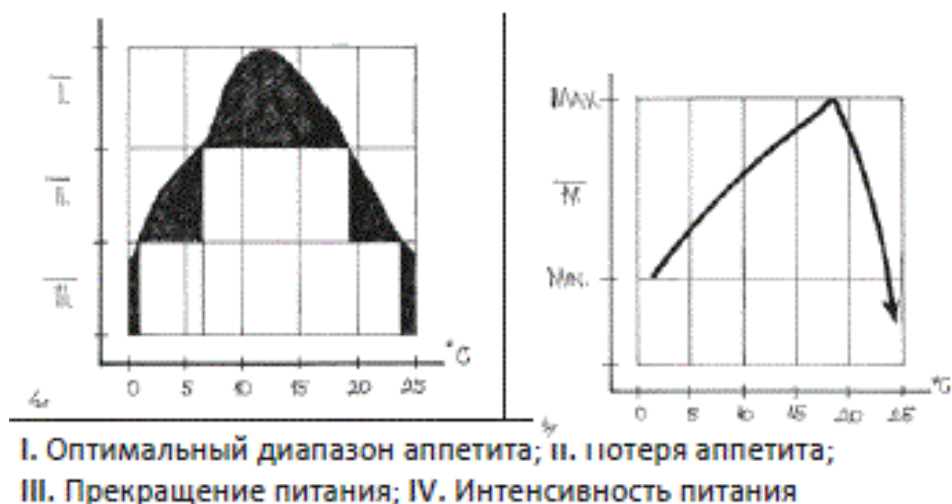


Рисунок 2.5 – Температура воды и аппетит радужной форели [35]

Из рисунка видно, что пик интенсивности питания форели приходится на 18 °С, но при такой температуре переваривание корма будет не полным. Температура воды, которая обеспечит максимальный прирост за счет наилучшего усвоения корма, будет в диапазоне 13 °С – 18 °С [35].

Для того, чтобы рассчитать сколько времени потребуется для выращивания форели массой 1.5 кг, был рассчитан среднесуточный прирост рыбы. Таким образом, чтобы вырастить сеголеток до массы 1.5 кг потребуется 22 месяца.

Исходя из общего объема выращивания товарной форели (1000 т), средней массы завезенной молоди (6 г) и ее темпа роста, можно рассчитать потребность в рыбопосадочном материале. Для выращивания 1000 т форели массой 1.5 кг необходимо приобрести 1997.7 тыс.шт. сеголеток массой 6 г. Подробные результаты расчета представлены в таблице 2.3.

Для кормления форели были выбраны корма фирмы «Aqua Aller», а именно Futura, Performa и Silver различных крупок и гранул в зависимости от массы рыбы. За 22 месяца выращивания потребуется заказать 1177.215 т корма.

Корма «Aqua Aller» полноценные и сбалансированные, в них содержатся все необходимые для рыбы компоненты питания в нужных соотношениях. Для производства корма компания «Aqua Aller» использует только высококачественную рыбную муку и рыбий жир, а содержание в кормах антиоксидантов и витаминов позволяют поддерживать качество кормов в течение одного года. Корма соответствуют существующим в Российской Федерации нормам, относящимся к кормам для ценных видов рыб [34]. Однако данные корма могут быть заменены на корма со схожими показателями других фирм («Correns», «Raisioagro», «Aquarex»).

При расчетах были использованы достаточно большие значения отхода, учитывающие общую смертность рыб, отход при перевозке и выбраковку (от 1 до 10 %)

Далее рассчитывался годовой производственный цикл хозяйства, когда одновременно в садках находятся форель, которая растет второй год (с 13 месяца) и только посаженные сеголетки массой 6 г. За один рыбоводный цикл, т.е. однолетний оборот форелевому хозяйству потребуется 2822.1 тыс. особей форели и 1519.19 т корма. Все рассчитанные характеристики производственного цикла хозяйства представлены в таблице 2.4.

Для выращивания форели были выбраны плавучие садки размером 20×20×8 м. Площадь такого садка составляет 400 м², а объем – 3200 м³. Для годового цикла хозяйства потребовалось 26 садков, которые заняли площадь 10.4 км². Плотность посадки рыб при этом была различна. С 1 по 12 месяцев плотность посадки составляла 10 кг/м³, с 13 по 22 месяцев – 15 кг/м³.

Полученные характеристики форелевого хозяйства мощностью 1000 т в дальнейшем использовались для расчета дополнительного поступления биогенных веществ в зоне размещения садкового хозяйства.

Таблица 2.3 – Характеристики садкового форелевого хозяйства мощностью 1000 т

Месяц	Средняя масса рыбы, г		Отход за этап, %	Прирост массы,г	Кол-во рыб,тыс.шт		Прирост биомассы, кг	ККЗ	Потреб-ть в корме, кг	Расф-ка, кг	Кол. упак, шт	Кол-во несъед. корма, кг	Корма под заказ, кг	Общее кол-во корма, кг	Остаток корма, кг
	Нач	кон			нач	кон									
1	6.0	8.1	7.5	2.1	1997.7	1847.9	4223.6	0.8	3378.9	20	171	33.8	3420	3412.7	7.3
2	8.1	13.0	7.5	4.9	1847.9	1709.3	9082.8	0.8	7266.3	20	367	72.7	7340	7338.9	1.1
3	13.0	17.9	7.5	4.9	1709.3	1581.1	8401.6	0.8	6721.3	20	340	67.2	6800	6788.5	11.5
4	17.9	22.9	7.5	4.9	1581.1	1462.5	7771.5	0.8	6217.2	20	314	62.2	6280	6279.4	0.6
5	22.9	27.8	7.5	4.9	1462.5	1352.8	7188.6	0.8	5750.9	20	291	57.5	5820	5808.4	11.6
6	27.8	32.7	7.5	4.9	1352.8	1251.4	6649.5	0.8	5319.6	20	269	53.2	5380	5372.8	7.2
7	32.7	43.3	7.5	10.6	1251.4	1157.5	13228.2	0.9	11905.4	25	481	119.1	12025	12024.5	0.5
8	43.3	53.8	7.5	10.6	1157.5	1070.7	12236.1	0.9	11012.5	25	445	110.1	11125	11122.6	2.4
9	53.8	73.3	10	19.5	1070.7	963.6	20853.2	1	20853.2	25	843	208.5	21075	21061.7	13.3
10	73.3	92.8	10	19.5	963.6	867.3	18767.9	1	18767.9	25	759	187.7	18975	18955.6	19.4
11	92.8	112.3	2.5	19.5	867.3	845.6	16891.1	1	16891.1	25	683	168.9	17075	17060.0	15.0
12	112.3	145.6	2.5	33.3	845.6	824.4	28153.6	1	28153.6	25	1138	281.5	28450	28435.2	14.8
13	145.6	178.9	2.5	33.3	824.4	803.8	27449.8	1	27449.8	25	1109	274.5	27725	27724.3	0.7
14	178.9	231.7	2.5	52.9	803.8	783.7	42486.8	1	42486.8	25	1717	424.9	42925	42911.7	13.3
15	231.7	284.6	2.5	52.9	783.7	764.1	41424.6	1	41424.6	25	1674	414.2	41850	41838.9	11.1
16	284.6	381.9	2.5	97.4	764.1	745.0	74413.3	1	74413.3	25	3007	744.1	75175	75157.5	17.5
17	381.9	479.3	2.5	97.4	745.0	726.4	72553.0	1	72553.0	25	2932	725.5	73300	73278.5	21.5
18	479.3	576.7	2.5	97.4	726.4	708.2	70739.2	1	70739.2	25	2858	707.4	71450	71446.6	3.4
19	576.7	737.2	2	160.5	708.2	694.1	113666.0	1	113666.0	25	4593	1136.7	114825	114802.7	22.3
20	737.2	1020.6	2	283.4	694.1	680.2	196712.2	1	196712.2	25	7948	1967.1	198700	198679.3	20.7
21	1020.6	1304.0	1	283.4	680.2	673.4	192777.9	1	192777.9	25	7789	1927.8	194725	194705.7	19.3
22	1304.0	1587.4	1	283.4	673.4	666.7	190850.2	1	190850.2	25	7711	1908.5	192775	192758.7	16.3

Таблица 2.4 – Характеристики годового производственного цикла форелевого хозяйства мощностью 1000 т

Месяц	Отход за этап, %	Прирост массы, г	Кол-во рыб, тыс.шт		Прирост биомассы, кг	ККЗ	Потребность в корме, кг	Кол-во упаковок, шт	Кол-во несъеденного корма, кг	Корма под заказ, кг	Общее кол-во корма, кг	Остаток корма, кг
			нач	кон								
1	10.0	35.4	2822.1	2651.7	31673.4	1.8	30828.6	1280.0	308.3	31145.0	31136.9	8.1
2	10.0	57.8	2651.7	2493.0	51569.7	1.8	49753.1	2084.0	497.5	50265.0	50250.6	14.4
3	10.0	57.8	2493.0	2345.2	49826.3	1.8	48145.9	2014.0	481.5	48650.0	48627.4	22.6
4	10.0	102.3	2345.2	2207.5	82184.8	1.8	80630.5	3321.0	806.3	81455.0	81436.8	18.2
5	10.0	102.3	2207.5	2079.2	79741.6	1.8	78303.9	3223.0	783.0	79120.0	79086.9	33.1
6	10.0	102.3	2079.2	1959.6	77388.7	1.8	76058.8	3127.0	760.6	76830.0	76819.3	10.7
7	9.5	171.1	1959.6	1851.6	126894.3	1.9	125571.4	5074.0	1255.7	126850.0	126827.2	22.8
8	9.5	294.0	1851.6	1750.9	208948.3	1.9	207724.7	8393.0	2077.2	209825.0	209801.9	23.1
9	11.0	302.9	1750.9	1637.0	213631.1	2.0	213631.1	8632.0	2136.3	215800.0	215767.4	32.6
10	11.0	302.9	1637.0	1533.9	209618.0	2.0	209618.0	8470.0	2096.2	211750.0	211714.2	35.8
11	2.5	19.5	680.2	673.4	192777.9	1.0	192777.9	7789.0	1927.8	194725.0	194705.7	15.0
12	2.5	33.3	673.4	666.7	190850.2	1.0	190850.2	7711.0	1908.5	192775.0	192758.7	14.8

3. Обоснование возможности размещения и мощности садковых хозяйств в прибрежной зоне моря с учетом возрастающей нагрузки на акваторию биогенными веществами

Для размещения садковых хозяйств одним из важных условий является удобство обслуживания хозяйства, что предполагает незначительное удаление от берега, но при этом расположение вдали от источников загрязнения, каковыми могут быть вынос со стоком рек, порты, буровые платформы и т.д. В Черном море в качестве района размещения садкового хозяйства был выбран район Ялтинского залива, глубины 40 – 60 м, удаление от берега 1.5 – 2 км (рис. 3.1).

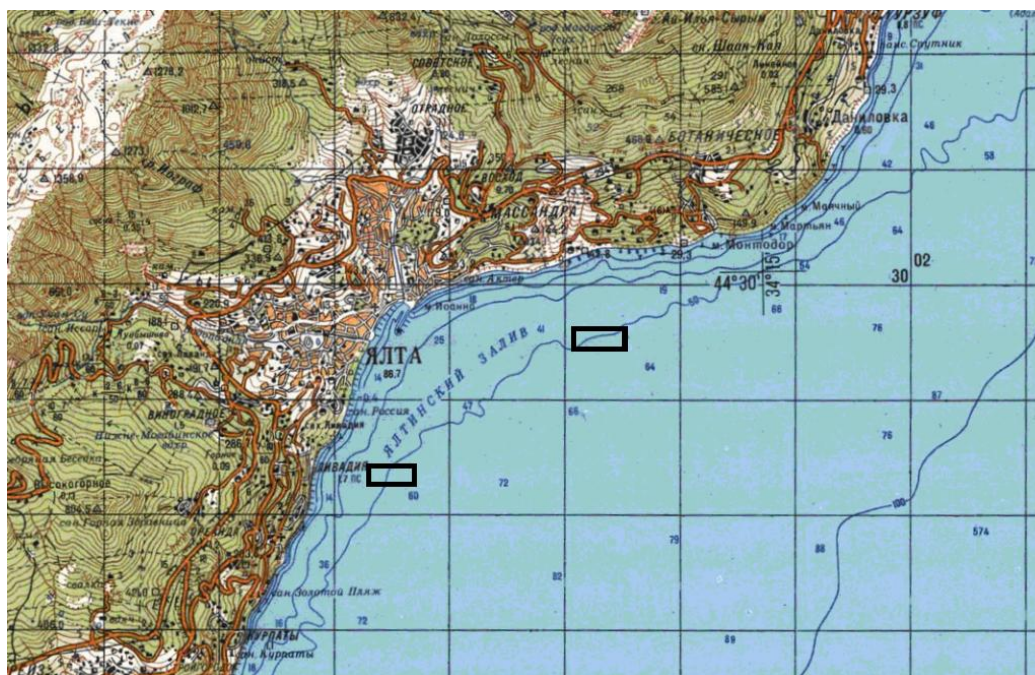


Рисунок 3.1 – Район размещения садкового хозяйства в Черном море [36 с изменениями]

В Среднем Каспии район был выбран вблизи форта Шевченко с глубинами 30 – 50 м, удаление от берега 2 – 2.5 км (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Район размещения садкового хозяйства в Каспийском море [37 с изменениями]

3.1 Влияние деятельности садкового хозяйства на экологическое состояние водоема

Самым значительным экологическим последствием размещения садковых хозяйств в водоемах является эвтрофирование – загрязнение воды питательными веществами, которые в основном попадают в воду в виде несъеденных рыбных кормов. На рисунке 3.3 показана схема поступления азота и фосфора в результате функционирования рыбоводных хозяйств.

Питательные вещества попадают в воду в виде:

- 1) растворенного в воде несъеденного корма;
- 2) не переработанных организмом питательных веществ в фекалиях рыб;
- 3) побочных продуктов обмена веществ и не используемых для роста питательных веществ в жидких выделениях.

В питательных веществах, выбрасываемых в воду, фосфор находится в виде твердых частиц, а азот – жидких.

Возникновение нагрузки от питательных веществ

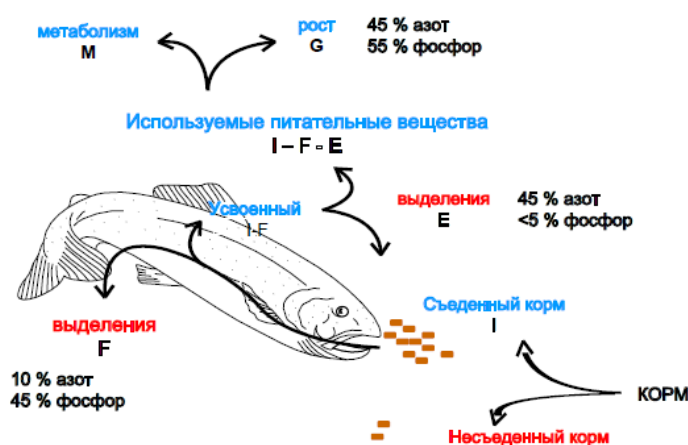


Рисунок 3.3 – Источники поступления азота и фосфора в результате функционирования рыбоводных хозяйств[38]

Растворимость ф о с ф о р а составляет около 40–60 %, т.е. примерно половину от содержащегося в потребляемом корме фосфора выходит наружу вместе с фекалиями (рис. 3.3). Фосфор в жидком виде рыба выделяет в воду через ткани в малом количестве.

Растворимость а з о т н ы х с о е д и н е н и й составляет 85-90 %, т. е. намного лучше, чем растворимость фосфора. Только 10-15 % от содержащегося в кормах азота выходит вместе с фекалиями, но основная часть азотной нагрузки состоит из выделяемого через ткани рыбы аммонийного азота (рис. 3.3). Форма выделенного азота имеет большое значение при определении возможностей очистных технологий по уменьшению нагрузки от питательных веществ. Если объём связанного с фекалиями азота небольшой, традиционные технологии по сбору донных отложений не могут уменьшить азотных отходов. Удаление жидкого аммонийного азота с помощью очистных технологий намного сложнее и

требует применения циркуляционной технологии замкнутого типа, что невозможно в условиях морских хозяйств.

Увеличение содержания питательных веществ в воде и уровень негативных последствий для водоема зависят от величины нагрузки по отношению к существующим возможностям их разбавления, т.е. самоочищения водоема. На степень самоочищения водоема влияет степень проточности воды в районе, в котором находятся садки, а также размер водоёма.

Лишние корма и фекалии рыб приводят к увеличению содержания органических и питательных веществ в водоемах вокруг садковых хозяйств по разведению рыбы (рисунок 3.4). Вследствие этого происходит рост водорослей и аномальный рост водных растений. Органические материалы, накапливающиеся благодаря кормам, разросшимся водорослям и водной растительности, опускаются на дно водоемов, где деятельность разлагающих их микроорганизмов начинает способствовать повышенному потреблению кислорода (рисунок 3.4). Это в свою очередь ускоряет процесс эвтрофирования водоема, так как питательные вещества, высвободившиеся в виде донных отложений, растворяются в воде в безкислородных формах. Уменьшение уровня содержания кислорода в придонном слое воды может также изменить структуру донных живых сообществ в водоеме [38].

Выбросы питательных веществ при садковом разведении рыбы нагружают водоёмы и могут стать причиной эвтрофирования, поэтому так важно рассчитывать нагрузки от садковых хозяйств.

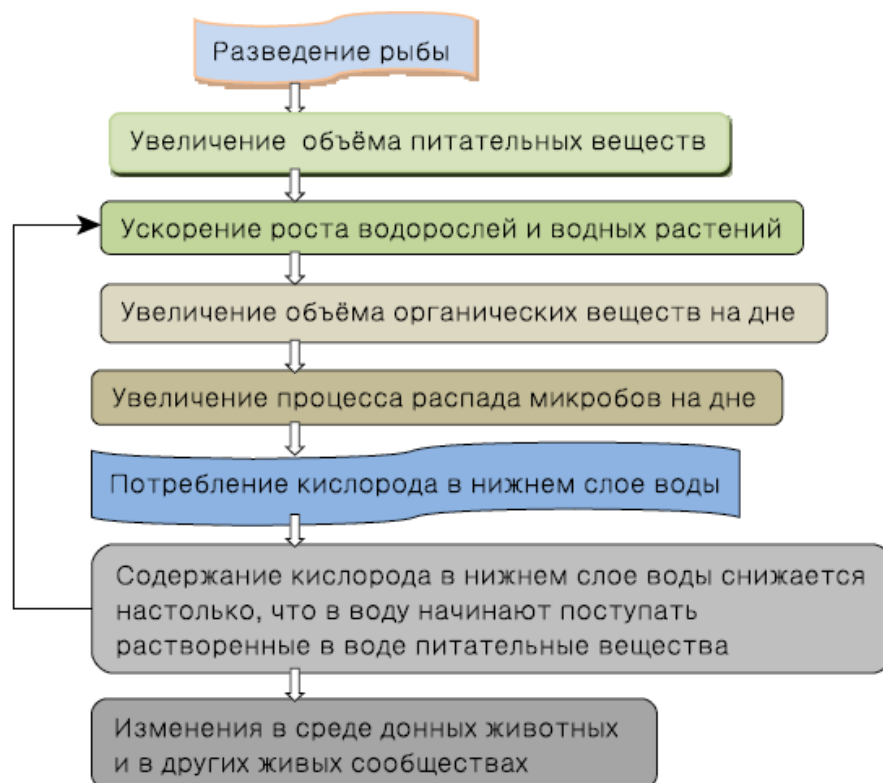


Рисунок 3.4 – Механизм загрязнения водоема питательными веществами, если нагрузка питательных веществ превышает способность водоёма к самоочищению [29]

3.2 Определение дополнительного поступления азота и фосфора от форелеводческого хозяйства мощностью 1000 т

Для определения биогенной нагрузки от форелеводческого хозяйства на экологическое состояние морей были проанализированы концентрации основных биогенных элементов (азот, фосфор), содержание растворенного кислорода и БПК₅ за 2013 и 2014 год как для Среднего Каспия, так и для прибрежной зоны Черного моря. В таблице 3.1 представлены данные значения, а также предельно допустимые концентрации этих элементов в рыбохозяйственных водоемах [39].

Таблица 3.1 – Исходные гидрохимические показатели Черного и Каспийского моря за 2013-2014 гг и ПДК для водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях.

Вещество	ПДК, мг/дм ³	Фоновое содержание в Каспийском море, мг/дм ³	Фоновое содержание в Черном море, мг/дм ³
Аммоний-ион NH ₄ (+)	0.5 (в пересчете на азот 0.4)	0.0439 (в пересчете на азот 0.0341)	0.018 (в пересчете на азот 0.014)
Нитрат-анион NO ₃ (-)	40 (в пересчете на азот нитратов 9)	0.0113 (в пересчете на азот 0.0025)	0.0178 (в пересчете на азот 0.0039)
Нитрит-анион NO ₂ (-)г	0.08 (в пересчете на азот нитритов 0.02)	0.00227 (в пересчете на азот 0.00069)	0.0115 (в пересчете на азот 0.0035)
Фосфаты в пересчете на фосфор	0.05 - олиготроф. 0.15 - мезотроф. 0.2 – эвтрофные	0.0224	0.06
Кислород	Не < 6	6.57	8.9
БПК ₅	2.1	0.7	1.1

Проанализировав ежегодники Государственного Океанографического Института им. Н.Н. Зубова (ГОИН) «Качество морских вод по гидрохимическим показателям» с 2003 г. по 2014 г. [5 – 16], можно сделать следующий вывод – используя в качестве показателя вод ИЗВ (расчетного индекса загрязненности вод, учитывающего содержание в морской воде растворённого кислорода, аммонийного азота, фенолов и нефтяных углеводородов) можно констатировать, что в центральной части Каспийского моря с 2003 г. по 2014 г. наблюдалась тенденция к улучшению качества вод. С 2003 г. по 2013 г. включительно воды характеризовались 3 классом качества

вод – «умеренно загрязненные» (ИЗВ = 0.91 – 1.18), кроме 2008 г. – тогда воды перешли в 4 класс «загрязненные» (ИЗВ = 1.59). В 2014 г. качество вод оценивается 2 классом, воды перешли в категорию «чистые» (ИЗВ = 0.6).

Результаты наблюдений, проведенных в 2014 г. [16] за загрязнением вод в Центральном Каспии показали:

- среднее значение содержания растворенного кислорода составляло 6.22 мг/л;
- среднегодовое содержание нефтеуглеводородов составило 0.04 мг/л;
- содержание аммонийного азота изменялось от 22 мкг/л (поверхностный слой) до 42.4 мкг/л (придонный слой), при среднем значении – 29.16 мкг/л;
- среднее значения содержания нитрат-аниона – 127 мкг/л;
- содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 9.5 – 60.2 мкг/л, при среднем значении – 22,40 мкг/л;
- концентрация нефтяных углеводородов изменялась в пределах от 0.6 до 1.2 ПДК (при среднем содержании 0.9 ПДК);
- концентрация азота аммонийного не превышала 1 ПДК.;
- ИЗВ составлял 0.6.

В рассматриваемом районе Черного моря воды достаточно чистые. Воды относятся ко 2 классу качества вод «чистые» (ИЗВ = 0.26 – 0.35) за весь рассмотренный период, кроме 2003 и 2006 года, где воды относятся к 3 классу «умеренно загрязненные» (ИЗВ = 1.16).

Среднее значение содержания растворенного кислорода составляло 8.9 мг/л. Содержание аммонийного азота – 18 мкг/л. Среднее значения содержания нитрат-аниона – 36 мкг/л, нитрит-аниона – 11.5 мкг/л. Содержание общего фосфора – 60 мкг/л. Наибольшее содержание легкоокисляемого органического вещества, определяемого по БПК₅, не достигало установленного предела и составляло 0.7 ПДК. В последние годы существенных изменений качества морских вод отмечено не было и общий

уровень загрязнения незначительный. Состояние вод района в многолетней динамике оценивается как стабильное [5 – 9, 11 - 16].

В Черном море главными загрязнителями прибрежных вод является канализационные стоки, ливневая канализация, в районе портов - морские суда. Здесь наиболее загрязненными районами являются Керченская и Камыш-Бурунская бухты, Керченский пролив, зона курортного водопользования г. Ялта, Каркинитский залив. Большие глубины на шельфе, термохалинная структура и динамика вод, невысокая плотность крупных источников загрязнения, отсутствие прямого стока крупных рек не позволяют пока достигать «уровню загрязнения» критических значений.

Тем не менее, антропогенное загрязнение вод, омывающих Крымский полуостров, вызвало угнетение бурых и усиленное развитие зеленых водорослей, массовое размножение гребневика - нового «квартиранта» моря, прожорливость которого привела к заметному снижению зоопланктона. Кроме того, актуальными становится проблема цветения воды и постепенного исчезновения сезонных видов рыбы. Несмотря на большое число ведомств, которые контролируют загрязнение прибрежных морских вод, целостную картину существующего положения получить очень трудно в связи с отсутствием единой системы исследований и плана, применения аналитических методик и аппаратуры [40].

Чтобы определить количество азота и фосфора, выходящего во фракциях несъеденного корма и в фекалиях, были использованы видоизмененные уравнения баланса масс [41]:

$$UM = TF \times K, \quad (3.1)$$

где UM – масса N или P, поступающих с несъеденным кормом;

TF – общий объем внесенного в систему корма;

K – содержание каждого компонента в корме, %.

$$EM = TF \times K \times E, \quad (3.2)$$

где EM – масса N или P, поступающих со съеденным кормом.

E – содержание каждого компонента в фекалиях, %;

$$TM = UM + EM, \quad (3.3)$$

где TM – общая масса N или P, поступающих с кормом.

Рассчитанные значения представлены в виде графика на рисунке 3.5.

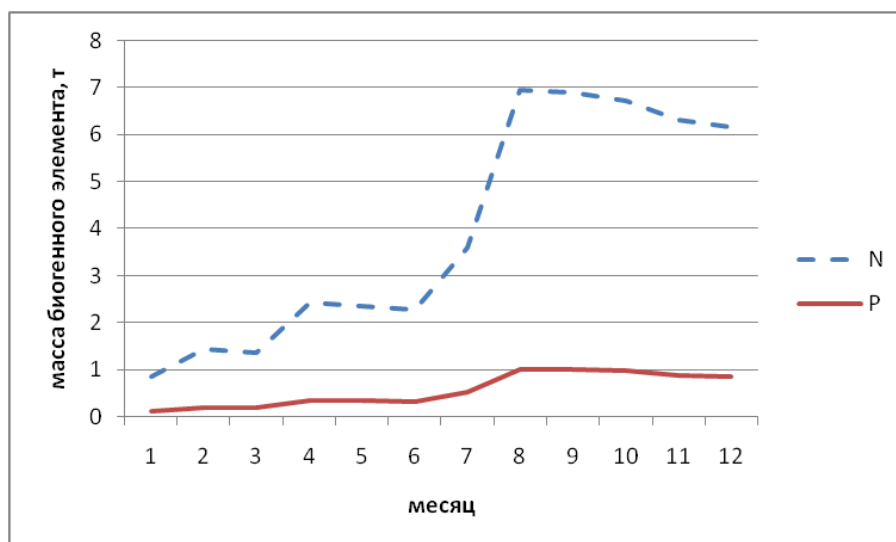


Рисунок 3.5 – Масса азота и фосфора, поступающего в водную среду вместе с кормом

Содержание азота и фосфора (%) в корме Aqua Aller можно найти в таблице 3.2. У кормов разных фирм содержание биогенных веществ будет различным, от этого будет зависеть скорость роста рыб и количество поступающих в окружающую среду питательных веществ.

Таблица 3.2 Содержание азота и фосфора в кормах фирмы Aqua Aller [34]

Марка корма	Гранулы крупки	N, % на кг сухого корма	P, % на кг сухого корма
Futura	кр.3	11.07	1.6
Futura	кр.4	11.07	1.62
Performa	гр.1.5	8.6	1.2
Performa	гр.2	7.9	1.1
Silver	гр.3	7.8	1.1
Silver	гр.4,5	7.5	1.1
Silver	гр.6	7.1	1.1
Silver	гр.9	7.1	1.1

На самоочищение водоема влияет степень проточности воды в районе садкового хозяйства. Как было показано в п. 1.1 и п. 1.2 в прибрежной зоне обоих морей наблюдаются дрейфовые течения, и для выбранных участков моря они будут определять в значительной степени интенсивность водообмена в районе садков. Поэтому для оценки проточности зон размещения садков было необходимо рассчитать характеристики дрейфового течения и полные потоки.

Для этого была использована теория дрейфовых течений Экмана, в которой движение воды описывается следующими соотношениями [42]:

$$u = Ve^{-az} \cos (45^\circ - az) \quad (3.4)$$

$$v = Ve^{-az} \sin (45^\circ - az), \quad (3.5)$$

где u, v – составляющие скорости течения по осям x и y ;

V – модуль скорости на поверхности.

$$a = \sqrt{\frac{\rho_w w \sin \varphi}{\mu}}, \quad (3.6)$$

где ρ_w – плотность воды;

$w = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ – угловая скорость вращения Земли;

φ – широта места;

μ – коэффициент динамической вязкости.

$$V = \frac{T}{\sqrt{2\rho_w \mu w \sin \varphi}}, \quad (3.7)$$

где T – касательное напряжение ветра на поверхности моря.

$$T = c_p a W^2, \quad (3.8)$$

где W – скорость ветра;

ρ_a – плотность воздуха, равная $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$;

C – эмпирический коэффициент, при $W < 6,6 \text{ м/с}$ $c = 0,8 \cdot 10^{-3}$,
при $W > 6,6 \text{ м/с}$ $c = 2,6 \cdot 10^{-3}$.

Глубина трения (D), в пределах которой течение затухает:

$$D = \pi \sqrt{\frac{\mu}{\rho_w w \sin \varphi}} \quad (3.9)$$

Полный поток (S):

$$S = \frac{vD}{\pi\sqrt{2}} \quad (3.10)$$

Используя в качестве входной информации среднюю скорость ветра (W) по данным [25, 26] был вычислен полный поток и глубина трения за каждый месяц, значения которых представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Рассчитанные характеристики дрейфового течения в Черном и Каспийском морях

Месяцы	Каспийское море						Черное море					
	W , м/с	u , м/с	v , м/с	V , м/с	D , м	S , м ² /с	W , м/с	u , м/с	v , м/с	V , м/с	D , м	S , м ² /с
1	6.30	0.02	0.03	0.03	62.8	0.40	4.70	0.01	0.02	0.02	46.5	0.22
2	6.90	0.06	0.10	0.12	68.8	1.54	4.40	0.01	0.02	0.02	43.6	0.19
3	6.10	0.02	0.03	0.03	60.8	0.37	4.10	0.01	0.02	0.02	40.6	0.17
4	6.10	0.02	0.03	0.03	60.8	0.37	3.90	0.01	0.02	0.02	38.6	0.15
5	5.70	0.02	0.03	0.03	56.8	0.32	3.50	0.01	0.02	0.02	34.6	0.12
6	5.40	0.01	0.02	0.03	53.8	0.29	3.70	0.01	0.02	0.02	36.6	0.14
7	5.10	0.01	0.02	0.03	50.9	0.26	3.80	0.01	0.02	0.02	37.6	0.14
8	5.20	0.01	0.02	0.03	51.9	0.27	3.60	0.01	0.02	0.02	35.6	0.13
9	5.60	0.02	0.02	0.03	55.8	0.31	3.70	0.01	0.02	0.02	36.6	0.14
10	6.00	0.02	0.03	0.03	59.8	0.36	3.80	0.01	0.02	0.02	37.6	0.14
11	6.60	0.02	0.03	0.03	65.8	0.43	4.20	0.01	0.02	0.02	41.6	0.17
12	6.20	0.02	0.03	0.03	61.8	0.38	4.60	0.01	0.02	0.02	45.5	0.21

Рассчитав полный поток, можно узнать, как будут промываться участки под садками. Для определения площади, занимаемой садками, и интенсивности водообмена в районе хозяйства были сделаны следующие допущения:

1. садки расположены в 2 линии по 13 садков;
2. полный поток направлен вдоль основной линии садков.

Перемножив площадь, занимаемую 1 садком (400 м²), количество садков (26 шт.) и среднюю глубину трения, на которой будут расположены садки (средняя глубина трения в Каспийском море 50 м, в Черном море 40 м),

были получены оценки объемов промываемых участков (V_c), которые составили 520000 м^3 и 416000 м^3 соответственно.

Далее рассчитаем объем воды, который пройдет через площадь, занимаемую садками за месяц (V):

$$V = \frac{t \times 24 \times 3600}{t_c} \times V_c, \quad (3.11)$$

где t – количество дней в месяце;

t_c – время полного обмена под садками в секундах.

Затем рассчитываем ожидаемую концентрацию минеральных форм азота и фосфора, которая складывается из фоновой концентрации (C_f) и ΔC – дополнительного поступления веществ в воду в результате работы хозяйства (таблица 3.4).

$$C_o = C_f + \Delta C \quad (3.12)$$

$$\Delta C = \frac{m}{V} \quad (3.13)$$

где M – масса биодоступных форм азота и фосфора, поступающих в воду от хозяйства.

Из таблицы 3.4 видно, что при работе форелеводческого садкового хозяйства мощностью 1000 т, размещаемого на глубинах трения в Каспийском и Черном море поступление биогенных веществ с учетом интенсивности водообмена в зоне размещения садков не превысит ПДК. Но также видно, что в Черном море концентрация фосфора будет близка к предельно допустимой для мезотрофных водоемов с октября по январь, т.е. нагрузка фосфором со стороны рыбоводческого хозяйства в эти месяцы будет максимальна. Следует

обратить внимание, что в эти месяцы отмечается высокая концентрация кислорода, что будет способствовать преобладанию окисленных форм азота (нитратов) и может усилить весеннюю вспышку цветения фитопланктона.

Таблица 3.4 – Дополнительное поступление азота и фосфора и их фактическая концентрация в Черном и Каспийском морях.

Месяц	Каспийское море				Черное море			
	$\Delta C (P)$, мг/л	Co (P), мг/л	$\Delta C (N)$, мг/л	Co (N), мг/л	$\Delta C (P)$, мг/л	Co (P), мг/л	$\Delta C (N)$, мг/л	Co (N), мг/л
Март	0.003	0.03	0.02	0.08	0.005	0.07	0.04	0.08
Апрель	0.001	0.02	0.01	0.07	0.011	0.07	0.07	0.12
Май	0.005	0.03	0.04	0.09	0.012	0.07	0.08	0.13
Июнь	0.009	0.03	0.06	0.12	0.023	0.08	0.16	0.20
Июль	0.010	0.03	0.07	0.13	0.028	0.09	0.19	0.23
Август	0.011	0.03	0.08	0.13	0.024	0.08	0.16	0.21
Сентябрь	0.020	0.04	0.13	0.19	0.036	0.10	0.24	0.29
Октябрь	0.036	0.06	0.25	0.30	0.077	0.14	0.52	0.57
Ноябрь	0.031	0.05	0.21	0.27	0.072	0.13	0.49	0.54
Декабрь	0.026	0.05	0.18	0.24	0.067	0.13	0.45	0.50
Январь	0.020	0.04	0.14	0.20	0.049	0.11	0.35	0.40
Февраль	0.022	0.04	0.15	0.21	0.040	0.10	0.28	0.33
ПДК		0.15		9.42		0.15		9.42

3.3 Оценка допустимой мощности хозяйства и рекомендации по контролируемым параметрам производственного цикла и мониторингу состояния вод в зоне садков для оптимизации его деятельности.

На основе выполненных расчетов можно сделать вывод, что размещение планируемого форелеводческого хозяйства мощностью 1000 т в заданных районах возможно. Размещение хозяйств большей мощности нежелательно

без предварительных исследований гидрохимического и гидрологического режимов конкретных участков акватории.

Для повышения эффективности работы форелеводческого хозяйства и сохранения благоприятной экологической обстановки можно рекомендовать следующие мероприятия:

- осуществлять контроль гидрохимических показателей, значения которых близки к предельно допустимым (концентрация фосфора) не реже одного раза в месяц, остальных параметров не менее одного раза в сезон;
- проводить оценку водообмена в районе садков (периодический контроль скорости течений);
- изменять расстояние между садками для увеличения объема промываемого участка в случае выраженного повышения концентрации биогенных веществ или снижения содержания кислорода;
- вести учет плотности посадки в садки в зависимости от размера особей и контроль кормового коэффициента;
- выполнять измерения температуры воды и корректировать ежедневно навеску кормов, учитывая различную потребность рыбы в зависимости от температуры воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы были получены следующие результаты:

1) анализ океанографических условий для прибрежных районов Черного моря и Среднего Каспия показал обоснованность выбора этих акваторий как перспективных районов для развития марикультуры (благоприятный температурный и соленостный режимы, достаточный водообмен);

2) в качестве основных объектов садкового рыбоводства в прибрежных зонах этих морей могут быть рекомендованы радужная форель и осетровые (белуга, сибирский осетр и др.);

3) рассчитаны характеристики форелеводческого садкового хозяйства мощностью 1000 т (количество посадочного материала, количество корма, количество садков, продолжительность цикла выращивания). В течении года такому хозяйству понадобится 2822.1 тыс. особей форели массой 6 г и 1519.19 т корма. Показано, что при максимальной удельной скорости роста продолжительность выращивания товарной форели массой 1.5 кг займет около 22 месяцев;

4) выполнена оценка дополнительного поступления минеральных форм азота и фосфора в результате функционирования садкового хозяйства. Ожидаемые концентрации данных веществ при водообмене, соответствующем скоростям ветра от 3.5 до 7 м/с в Черном и Каспийском море, не будут превышать ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Однако в осенне-зимний период для Черного моря рассчитанные значения концентрации минерального фосфора близки к ПДК, что не позволяет рекомендовать увеличение мощности форелевого хозяйства свыше 1000 т;

5) сформулированы рекомендации по контролируемым параметрам производственного цикла и мониторингу состояния вод в зоне хозяйства для оптимизации его деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Обзор рынка аквакультуры России и мира [Текст]/Информационно-аналитическая служба ОАО корпорация «Развитие», Белгородская область, 2014
- 2 FISH TO 2030, Prospects for Fisheries and Aquaculture [Текст]/ International Bank for Reconstruction and Development / International Development Association or The World Bank. – Washington DC 20433, 2013
- 3 Добровольский, А.Д. Моря СССР [Текст]/А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин. – М.: Изд-во МГУ, 1982
- 4 Моря [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://esimo.oceanography.ru/esp1/> (дата обращения 01.06. 2016)
- 5 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2011
- 6 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2011 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2012
- 7 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2013
- 8 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2013 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2014
- 9 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2014 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2015

10 Моря России – Каспийское море/География России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geographyofrussia.com/morya-rossii-kaspijskoe-more/> (дата обращения 01.06.2016)

11 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2004 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2005

12 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2005 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2006

13 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2006 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2007

14 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2008

15 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2008 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2009

16 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2009 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2010

17 Физико-географическая характеристика Каспийского моря и его береговой зоны/Лаборатория Каспийского моря [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://caspi.ru/HTML/05/Caspy-mon/Glava_2.pdf (дата обращения 23.05.2016)

18 Терзиев, Ф.С. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Каспийское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия [Текст]/ Ф. С Терзиев [и д.р.]. – СПб: Гидрометеоиздат, 1992

19 Атлас – Каспийское море/ Единая Государственная система информации об обстановке в Мировом океане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esimo.ru/atlas/Kasp/> (дата обращения 05.06.2016)

20 Гинзбург, А.И. Прибрежный апвеллинг и вихреобразование в Каспийском море (по спутниковым данным) [Текст]/А.И. Гинзбург, А.Г. Костяной, Н.А. Шеремет. – Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2011

21 Затыгалова, В.В. Мониторинг нефтяных загрязнений в море с помощью ГИС-технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/35856.html?searchstring=%CB%E8%F2%E5%F0%E0%F2%F3%F0%E0> (дата обращения 02.06.2016)

22 Терзиев, Ф.С. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Черное море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия [Текст]/ Ф. С Терзиев [и д.р.]. – СПб: Гидрометеиздат, 1991

23 Моря России – Черное море/География России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/morya-rossii-chnoe-more/> (дата обращения 01.06.2016)

24 Коршенко, А.Н. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2003 [Текст]/А.Н. Коршенко. – Обнинск:Артифекс, 2004

25 Атлас – Черное море/ Единая Государственная система информации об обстановке в Мировом океане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esimo.ru/atlas/Black/> (дата обращения 05.06.2016)

26 Фашук, Д.Я. Черноморские вихри на службе марикультуры [Текст]/Д.Я. Фашук // Природа, 2007. т.№2.

27 Терзиев, Ф.С. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Черное море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности [Текст]/ Ф. С Терзиев [и д.р.]. – СПб: Гидрометеиздат, 1992

28 Воробьева, Н.К. Форелеводство в Заполярье [Текст]/ Н.К. Воробьева, Л.И. Пестрикова. – Мурманск: ПИНРО, 2011

29 Форель радужная/Аквакультура России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquacultura.org/objects/13/31/> (дата обращения 28.05.2016)

30 Козлов, В.И. Справочник фермера- рыбовода [Текст]/ В.И. Козлов. – М.:ВНИРО, 1998

31 Выращивание осетровых/Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kaicc.ru/node/147> (дата обращения 30.05.2016)

32 Осетровые/ WWF. Всемирный фонд дикой природы: за живую планету! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wwf.ru/about/what_we_do/seas/fish_guide/fish/303 (дата обращения 20.05.2016)

33 Григорьев, С.С. Индустриальное рыбоводство: В 2 ч. Ч. 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения [Текст]/ С. С. Григорьев, Н. А. Седова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008

34 Разведение рыб: информационный ресурс по широкому спектру вопросов рыбоводства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aquafeed.ru> (дата обращения 09.06.2016)

35 Войнарович, А. Мелкомасштабное разведение радужной форели [Текст]/А.Войнарович, Д. Хойчи. – Рим:ФАО, 2014

36 Карта Крыма/Маршруты по Крыму [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kirenisch.ru/maps/maps_ozigps/009_ves_Krym_listy_1_100000/index.shtml (дата обращения 08.06.2016)

37 Топографические карты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapl39.narod.ru/map2/index33.html> (дата обращения 08.06.2016)

38 Экологический справочник для рыболовной промышленности Северо-Запада России [Текст]/ Тапио Киуру, Йоуни Виема, Юха-Пекка Туркка и др. – Хельсинки: Институт охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии, 2013

39 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010г. № 20 Федеральное агентство по рыболовству [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/> (дата обращения 09.06.2016).

40 Информационно-аналитический доклад «Крым: территория зеленой экономики» [Текст] – М.: Фонд «Национальной энергетической безопасности» (ФНЭБ), 2015.

41 Шилин, М.Б. Полярная аквакультура [Текст]: учеб. для вузов. / М.Б. Шилин, О.Л. Саранчова. – СПб: РГГМУ, 2005.

42 Жуков, Л.А. Общая океанология [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1976