

Черноморские вихри на службе марикультуры

Д.Я.Фащук, В.Б.Муравьев

В 2006 г. в Черном море, примерно в 5 км от берега на траверзе пос.Хоста близ Сочи, начали устанавливать подводную ферму для разведения лосося, производительность которой составляет до 500 т рыбы в год. Это начинание дает надежду не только на восстановление и развитие марикультуры в российской части моря. Рыборазведение в этом динамически активном районе представляет минимальную экологическую опасность для состояния морских прибрежных вод.

Опыт морского рыбоводства

Стремительный рост населения планеты сопровождается все более активным освоением морских биологических ресурсов. К 1990-м годам, когда суммарная мировая добыча морепродуктов достигла уровня 95 млн т, стало очевидно, что промысловые запасы рыбы и других морских обитателей ограничены и истощены, а объем их добычи достиг предельно допустимого. Тем не менее к 2005 г. его величина превысила 130 млн т. Такой рост определился активным развитием аквакультуры, мировая продукция которой в настоящее время составляет более 30% общего производства морепродуктов. Начавшееся во всем мире в 1980-х



Дмитрий Яковлевич Фащук, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН. Занимается проблемами географо-экологического моделирования морских экосистем. Постоянный автор журнала «Природа».



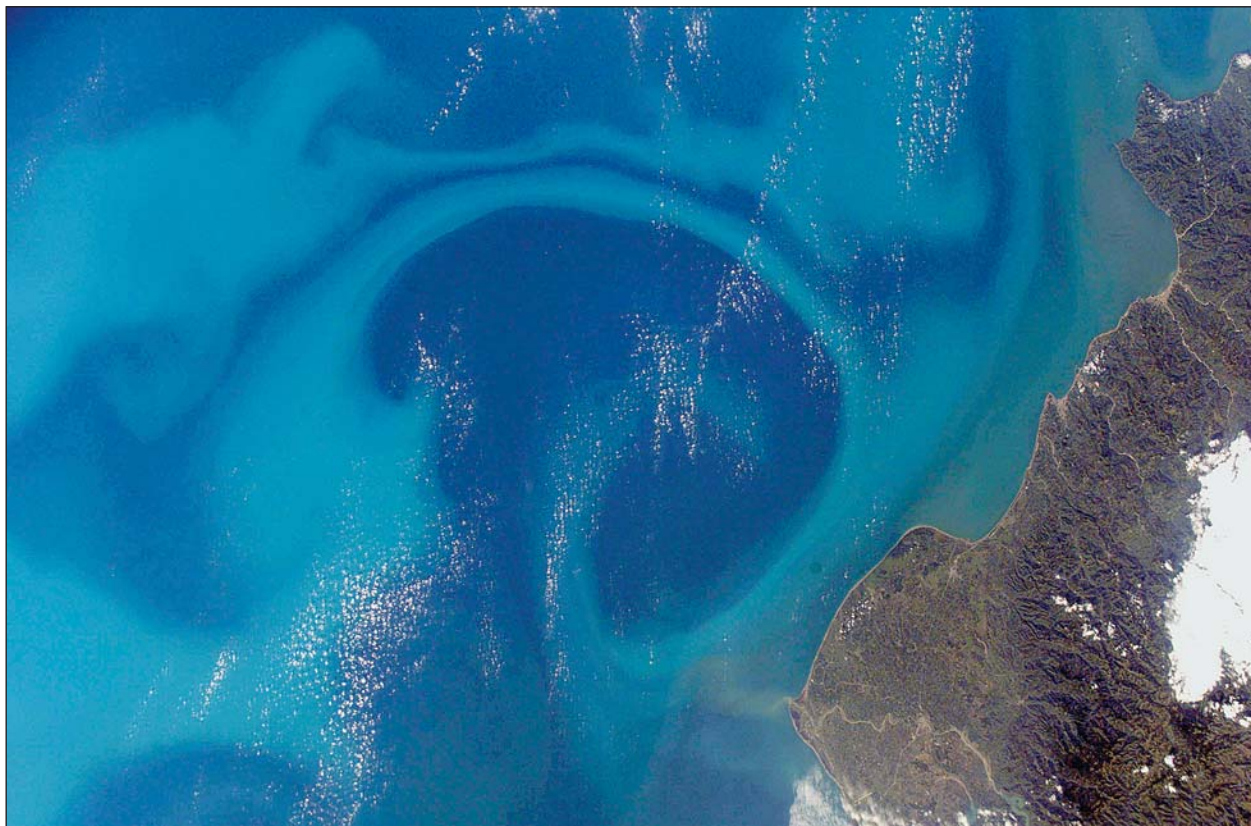
Вильям Борисович Муравьев, кандидат технических наук, заместитель директора объединения «Экофиш». Область научных интересов — подводная технология рыбоводства.

годах развитие управляемых морских аквахозяйств признано сегодня наиболее перспективным направлением в использовании биологических ресурсов Мирового океана.

Ведущие позиции в мировой марикультуре к началу XXI в. занимали страны Азии. При этом пальма первенства в величине продукции морского рыбоводства с огромным отрывом (более чем в пять раз) от ближайших конкурентов принадлежит Китаю (более 50% из 21 млн т мировой морепродукции). Здесь

выращивают в основном пресноводных рыб (95%), и только 5% — морские виды: угорь, морской окунь, морская черепаха, крабы, креветки. Сегодня к Китаю по темпам развития марикультуры стремительно приближается Таиланд. За последние 10 лет его продукция увеличилась в пять раз, составив 450 тыс. т, среди которых преобладают ракообразные, креветки и моллюски.

Второе место по производству морепродуктов занимает Индия (1.6 млн т), где ныне разво-



Прибрежные синоптические вихревые образования — характерная черта циркуляций вод Черного моря. Снимок сделан с МКС 9 июня 2005 г.

дят в основном пресноводных рыб, и лишь в незначительных количествах — ракообразных и моллюсков. На третьем месте — Япония (1,3 млн т), специализирующаяся в основном на разведении морских гидробионтов — устриц, гребешков (в сумме до 500 тыс. т), водорослей (более 600 тыс. т), а также морских видов рыб (до 300 тыс. т), ракообразных (до 2 тыс. т).

Среди стран Европы до последнего времени в развитии марикультуры первенствовала Франция (280 тыс. т), значительно опережавшая в конце прошлого века Норвегию. Французские устрицы (147 тыс. т) и мидии (64 тыс. т) занимают в Европе 53 и 23% рынка выращенных морепродуктов. Кроме того, эта страна преуспела в разведении морских рыб — лосося, тюрбо, морского карася.

Англия тоже выращивает в основном устрицы, мидий,

морского гребешка, но не так успешно, как Франция. Ирландия отдает предпочтение лососю и радужной форели. Дания славится выращенной форелью, Италия — угрем, а Бельгия считается мировым производителем кормов для искусственного рыборазведения [1].

В 1970—1990 гг. искусственное выращивание рыб, моллюсков и водорослей началось в СССР в морях, омывающих его берега на севере (Балтийское, Баренцево, Белое), Дальнем Востоке (Охотское, Японское), юге (Черное, Азовское, Каспийское).

До 1980 г. продукция аквакультуры СССР в мировой статистике не отражалась. Тем не менее к 1991 г. она достигла 438 тыс. т. При этом ее основу составляли карповые (пресноводные) рыбы. После распада СССР (отсоединения Украины, Эстонии, Латвии, Грузии) этот показатель в России снизился

в 1994 г. до 78 тыс. т, из которых на долю марикультуры (морского выращивания) приходилось всего 6—7 тыс. т (в основном водоросли Японского моря) [1]. По последним данным, доля искусственно выращенной рыбы в России составляет 2% от общего объема добытых в мире морепродуктов.

В связи с особенностями физико-географических и климатических условий российских морских побережий (открытость для ветров и волнения, относительно низкие температуры, высокая изменчивость солености) при организации здесь марихозяйств не всегда удается использовать технологии других стран, например опыт лососеводства в защищенных от ветра фьордах Норвегии или выращивания креветок и тилапий в теплых морях Юго-Восточной Азии. Кроме того, к традиционным направлениям развития ма-



Форель. Вверху — пресноводная форма лососевых рыб, которые в течение 1—5 лет после рождения живут в пресной воде, а затем скатываются в море. Внизу — радужная форель, или стальноголовый лосось.

Фото А.Коновалова

рикультуры в России (разведение осетров и лососей) в нашей стране объектами марикультуры стали виды-акклиматизанты, завезенные из других морей: дальневосточная горбуша — в Белом и Баренцевом морях, дальневосточная кефаль-пиленгас — в Черном и Азовском, камчатский краб — в Баренцевом, полосатый окунь из Америки — в наших южных морях.

Приоритетным направлением в развитии марикультуры в России в середине 1990-х годов было определено разведение мидий в Белом и камбалы-калкан в Черном морях. Кроме того, в Белом море ведутся работы по выращиванию зубатки, водоросли-ламинарии, сельди и акклиматизации горбуши. В заливах Белого моря можно выращивать до 15 тыс. т лососе-

вых рыб, 10 тыс. т мидий и до 5 тыс. т водорослей.

В Баренцевом море перспективно товарное выращивание лососевых (форели, семги, кижуча), акклиматизация дальневосточных вселенцев (горбуши, терпуга, краба), разведение морских рыб-аборигенов (трески, камбалы и др.), культивирование промысловых водорослей и моллюсков.

В 50-мильной прибрежной зоне Охотского и Японского морей в Приморском крае, на Сахалине и Курильских о-вах можно получать до 5—6 млн т продукции марикультуры — рыб (лососевые, кефалевые, частиковые), моллюсков (гребешок, мидии), беспозвоночных (трепанг, морские ежи, кукумария, травяная креветка, крабы и др.), водорослей.

В Азово-Донском бассейне планируется разведение и искусственное воспроизводство проходных и полупроходных рыб, успешно выращивается дальневосточная кефаль-пиленгас. В Черном море, несмотря на резкое (80—90%) сокращение продукции марикультуры в 1990-х годах, остается надежда на ее восстановление за счет садкового выращивания лососевых (форель, стальноголовый лосось), осетровых, культивирования мидий и устриц, камбалы-калкана, выращивания кефалей, видов-аборигенов лобана и сингиля.

Все эти планы позволили в конце XX в. оценить рост продукции марикультуры в России «в обозримом будущем» до 200—300 тыс. т, из которых 1/3 составят ценные виды рыб. Сегодня в стране в этом направлении работают 115 рыбозаводных частных и государственных компаний, выращивающих 25 видов рыбы и морепродуктов: в первую очередь это карп, форель и осетровые. В 2005 г. весь рынок аквакультуры в России оценивался в 200 млн долл. США (в мире — 35 млрд). По оценке Экспертного института при Российском союзе промышленников и предпринимателей,

при увеличении вылова и выращивания рыбы во внутренних водоемах в 5–6 раз (до 1.3–1.5 млн т или 30–50% от общего объема) этот рынок в России вполне можно увеличить до 500 млн долл. [2].

Рыбоводные технологии

До недавнего времени товарное рыбоводство использовало поверхностные садки и развивалось исключительно у побережья в местах, защищенных от ветро-волнового воздействия (заливы, шхеры, фиорды). Из-за плохого водообмена этих акваторий с открытыми участками моря рыбоводные фермы значительно загрязняли окружающую среду. Кроме того, во многих случаях они препятствовали развитию туризма, особенно в живописных местах.

По этой причине в начале 90-х годов в мировом морском рыбоводстве наметилась тенденция освоения новых открытых районов с глубинами до 50 м и удалением от берега до 20 миль. В 1994 г. на выставке «Аквакультура» в Новом Орлеане (США) была представлена платформа «Sea Trek» для морского разведения рыб, которая должна была работать в Мексиканском заливе, в 4 милях к юго-востоку от форта Морган в Алабаме. На восьми круглых бетонных столбах платформы устанавливался большой купол, способный противостоять ветрам ураганной силы. В нем располагались служебные и бытовые помещения, а у основания платформы на поверхности воды — шесть восьмиугольных горизонтальных садков. Корм подавался автоматически по системе труб. Обслуживающий персонал — восемь человек; стоимость проекта оценивалась в 3 млн долл. США.

В это же время в Японии были разработаны садки «Бриджстоун», которые при необходимости могли погружаться под воду. Команды на погружение и всплытие подавались как вруч-

ную, так и автоматически. Садки, построенные в Израиле, обслуживаются с траулера, но рыба в них в период штормов корма не получает. Садки совместной российско-норвежской конструкции притапливаются под действием самих волн, но волновые нагрузки на рыб при этом сохраняются — рыба укачивается и травмируется сетным ограждением.

Имеются российские проекты подводных садков с единым управлением от плавающего на поверхности буйа, от которого корм поступает по шлангам в садки. Однако даже при среднем шторме существует большая вероятность обрыва коммуникаций и срыва буйа; поскольку кормление в такой период не производится, и то темп роста рыб замедляется.

Большинство проблем рыбоводства можно решить при рабочем подводном положении садков, т.е. при перенесении технологического процесса выращивания рыб с поверхности в толщу воды. Такая технология позволяет обеспечить процедуру кормления независимо от метеоусловий, сохранить рыбу и садки при жестких штормах, выдвинуть садки в зону лучшей аэрации акваторий (открытое море), регулировать их позицию по глубине в зонах оптимальных (комфортных) температур в зависимости от физиологических потребностей рыб, уйти от поверхностного загрязнения.

В октябре 2000 г. в Мексиканском заливе в 35 км от берега в районе одной из 4000 расположенных здесь газо- и нефтедобывающих стационарных платформ был установлен буксируемый подводный садок. Такое решение было принято для избежания конфликтов рыбоводов с другими природопользователями (судоходство, туристическая индустрия).

В 2001 г. у берегов Италии также было установлено несколько подводных садков, в которых рыба может получать корм как с поверхности воды,

так и в подводном положении. Наконец, в 2002 г. у Гавайских о-вов и у о.Пуэрто-Рико были установлены подводные садки объемом 2600 и 3000 м³ фирмы «Sea Station».

Уже упомянутые подводные фермы в Черном море, в районе пос.Хоста, представляют собой автоматизированные рыбоводные садки, которые состоят из верхней и нижней шестиугольных рам с регулируемой плавучестью, выполненных из стальных труб, между которыми закрепляется сетная камера [3]. В центре верхней рамы расположен бункер для корма, кормораздатчик и система управления садком. Общая площадь фермы составляет 6 га. Каждый из шести подводных автоматизированных рыбоводных садков «ПАРС-2500» имеет объем 2500 м³ и может содержать 60–100 т рыбы (уже установлено четыре из них). Рабочее положение садка — подводное. К верхнему каркасу садка пристыковываются заменяемые балластные пластиковые (металлические) цистерны, обеспечивающие погружение и всплытие конструкции при заполнении их по мере необходимости водой или сжатым воздухом.

Архитектура «ПАРС-2500» позволяет расширять объем сетной камеры от 2500 до 4000 м³. В подводном положении он выдерживает шторм с максимальной высотой волны (для Черного моря — 4 м) и течения со скоростями до 2.0 м/с. В положении на плаву система обслуживается при волнении до 3 баллов. ПАРС крепится на грунте тремя гравитационными якорями, расположенными в вершинах равностороннего треугольника со стороной 100 м, при глубине моря до 50 м. Бункер садка, вмещающий 1.5–2.5 т гранулированного корма, обеспечивает автономность конструкции до 25 сут. Программа контролирует процесс кормления, погружение и всплытие садка. Время, дозировка и частота подачи корма устанавливаются



Автоматизированный рыбоводный садок ПАРС-2500 в надводном положении (вверху) и на плаву.

ся автоматически. В момент кормления открывается нижний люк бункера, корм сбрасывается, а люк закрывается. При повышении скорости течения до критических величин (2 м/с) для избежания потерь подача корма прекращается.

Влияние марикультуры на окружающую среду

При морском выращивании лососевых рыб основные источники воздействия на окружающую среду — продукты их жизнедеятельности и потеря корма.

Характер загрязнения вод и донных осадков, таким образом, зависит главным образом от технологии кормления, качества и вида корма. В Швеции, например, в районе установки рыбоводных ферм (обычно это тихие чистые фьорды и заливы, защищенные от ветра) при товарном выращивании лососей из-за потерь в морскую среду попадает 1–5% сухого, 5–10% пастообразного и 10–30% влажного корма [3].

В Англии в процессе выращивания 15 тыс. т лососевых рыб в 1990 г. при среднем количестве килограммов корма на

1000 кг рыбы в сутки (кормовом коэффициенте), равном 1.5, в окружающую среду попало свыше 300 т фосфора. После анализа технологии процесса было выяснено, что при переходе на высокоэнергетичные корма с низким содержанием фосфора (~1%) и при кормовом коэффициенте 1.2 фосфорное загрязнение можно снизить на 75%. Самые строгие требования к качеству воды, вытекающей с морской рыбоводной фермы, предъявляются в Дании. Она должна содержать здесь не более 1 мл/л органического вещества, 3 мг/л взвешенных веществ, 5 мг/л фосфора, 40 мг/л аммиака, 60 мг/л общего азота.

Продукты метаболизма рыб и остатки корма, накапливающиеся в местах расположения фермы, после растворения в воде становятся источником питательных веществ для низшей водной растительности — фитопланктона, а также скапливаются на дне в нерастворенной форме. В зависимости от используемой биотехники кормления в среднем при производстве 1 кг лосося или радужной форели под садком накапливается 0.5–0.7 кг отходов в виде фекалий и остатков корма. В начальной стадии работы фермы на этих органических осадках под садками развивается ряд бентосных организмов.

Основное влияние морских рыбоводных ферм на окружающую среду заключается в поступлении в море избыточного количества соединений фосфора, азота, взвешенных и твердых органических веществ в виде продуктов метаболизма рыб и остатков корма. В замкнутых (застойных) условиях эти факторы, несомненно, вызывают неблагоприятные последствия для окружающей среды. Ухудшаются условия обитания аборигенных видов гидробионтов в результате изменения гидрохимического режима и качества морских вод, а также под влиянием нарушения естественных биогеохимических процессов в донных осадках.

Для крупных особей рыб, которые будут выращиваться на ферме в Черном море (последняя стадия выращивания), при 15°C прирост массы тела в сутки может составить 0.9% от общего веса, или, в пересчете на весь садок, — до 150 кг. При кормовом коэффициенте 1.2 в сутки для этого потребуется 170 кг корма, а при 1.5 — 225 кг.

В предполагаемых к использованию на ферме кормах содержится около 1% фосфора, а в теле самой рыбы его 0.4%. Таким образом, при скормливания 225 кг корма из 2.25 кг содержащегося в нем фосфора 0.9 кг усвоится рыбой, а 1.35 кг фосфора выделится в море. Аналогичные расчеты легко провести и для азота, которого в корме содержится 7.5, а в рыбе — 2.7%. Водная среда в этом случае получит более 10 кг азота. Учитывая то обстоятельство, что при производстве 1 т лосося расходуется около 1200 кг сухого гранулированного корма, при получении такого количества рыбы в окружающую среду попадает около 12 кг фосфора, 65 кг азота и 500 кг органических веществ.

Для исследования возможных экологических последствий функционирования рыбной фермы на побережье Большого Сочи мы проанализировали природные факторы, определяющие здесь поступление и скорость биогеохимической трансформации органических соединений, а также условия накопления осадков и аэрации прибрежных вод, пользуясь методикой, разработанной в Институте географии РАН [4].

Штрихи к портрету Черноморского побережья Северного Кавказа

Территориальные воды России в Черном море омывают побережье Краснодарского края от Керченского пролива до границы с Грузией (р.Псоу). Протяженность черноморских бе-

регов России составляет около 400 км — менее 10% общей длины (4431 км) береговой черты Черного моря. Гидрогеологические и морские геоморфологические исследования Института океанологии РАН показали, что большая часть из этого количества (309 км) подвержена абразионно-оползневому, скально-обвальным, обвальным процессам. Только 60 км российского берега Черного моря представлены аккумулятивными формами рельефа — косами, пересыпями, барами, аккумулятивными террасами. Широко распространены здесь и техногенные берега.

Район строительства морской рыбной фермы расположен в зоне Большого Сочи, занимающей полосу побережья длиной почти 150 км, простирающийся с юга на север от р.Псоу до р.Шепси. Между этими реками непосредственно на территории Большого Сочи (поселки Макопсе, Аше, Лазаревское, Мацеста, Хоста, Адлер, Веселое) в море впадают малые реки — Мзымта, Кудепста, Хоста, Дагомыс, Псахе и др. Кроме того, в Грузии, расположенной к югу от Краснодарского края, в Черное море впадают более крупные реки — Риони, Чорохи, Ингури, Кодори, Бзыби, Супса и др., вносящие в сумме до 43 км³ пресной воды в год (12.7% суммарного речного стока в Черное море) и, безусловно, влияющие на состояние морской среды в районе установки морской рыбной фермы.

Ширина шельфа (до изобаты 200 м) в зоне Большого Сочи составляет 4–12 км. Здесь он имеет плоскую ровную поверхность с уклоном в сторону бровки 0.2–0.6°. Береговой (прибойный) участок шельфа простирается от береговой линии до изобат 25–30 м, центральная шельфовая платформа располагается между изобатами 30–70 м, а внешняя часть шельфа (зона перегиба) занимает изобаты 80–105 м.

На участке р.Псоу — мыс Константиновский (14 км к югу от пос.Хоста) располагаются реликтовые природные галечные пляжи. В зоне строительства рыбной фермы в районе пос.Хоста в прибрежной полосе моря до глубин 10–12 м грунт представлен галькой, которая к глубинам 25–30 м сменяется алевроитовым песком, переходящим глубже 40 м в пелитовый песок. Толщина слоя песка под галькой до глубин 7 м составляет 2.1–2.8 м, на 11–15 м она возрастает до 6–8 м, а мощность илов на глубинах 80–100 м не превышает 2–3 м.

Ветровой режим над российским побережьем Черного моря, как и над всей акваторией моря, зависит от типа синоптических процессов. Особенности же внутригодовой изменчивости последних определяют преобладание в течение всего года на северном побережье Кавказа ветров северо-восточных направлений и очень редкую повторяемость северных, западных и северо-западных переносов. На юго-восточном побережье моря максимум повторяемости в течение года имеют юго-западные ветры. Зимой особенно редко наблюдаются северо-западные и северные ветры, а летом — юго-восточные.

Побережье Большого Сочи расположено между этими двумя зонами с разнонаправленными воздушными переносами, поэтому в теплые периоды года здесь преобладает местная бризовая циркуляция: западный и юго-западный (морской) бриз днем и северный, северо-восточный (береговой) бриз в ночное время. В течение всего года над акваторией Черного моря преобладают ветры северо-восточной четверти. Их среднегодовая повторяемость составляет 25–40%, а в зимние и осенние месяцы в северо-восточной части моря — 40–50%. В результате сгонных ветров у побережья Кавказа высота уровня может изменяться на 20–30 см.

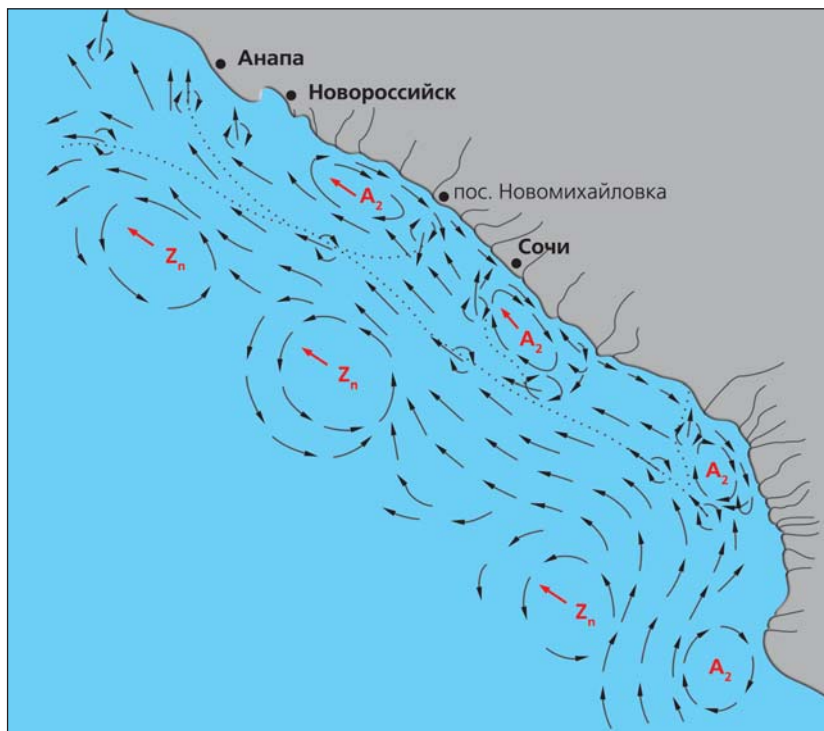


Схема синоптических вихревых образований (циклонов — Z_n , антициклонов — A_2), смещающихся вдоль берега Черного моря.



На космическом снимке, сделанном 9 июня 2005 г. с МКС, хорошо видны прибрежные синоптические образования в восточной части Черного моря.

Типичное для зимы северо-восточной части Черного моря явление бора — порывистый штормовой ветер (от 14 до 40 м/с), вызываемый переваливающимся через горы холодным воздухом, — развивается в зоне

побережья от Анапы до Туапсе. Южнее этой границы в районе Сочи бора не прослеживается.

Штормовое волнение. В литературных и справочных источниках нет информации о состоянии поверхности моря

в исследуемом районе по прямым наблюдениям береговых станций. Косвенно о ветровом волнении здесь можно судить по результатам теоретических расчетов, выполненных в Государственном океанографическом институте по синоптической информации для характерной точки в северо-восточной части Черного моря (44°00'с.ш.; 37°00'в.д.), оцененной как репрезентативная для всего района, включая и прибрежную зону.

Северо-восточный район Черного моря практически во все сезоны года характеризуется пониженной ветровой активностью над морской акваторией. В среднем за год повторяемость слабых ветров (<5 м/с) составляет здесь 63.3%. В апреле—июне она максимальна (77.5%), в июле—сентябре снижается до 68.1%, а зимой и весной составляет 49—57%. Тем не менее в эти же сезоны может наблюдаться максимальная высота волнения, составляющая 2.4, 2.8, 3.0 и 4.0 м. Несмотря на незначительную ее повторяемость, составляющую 1 раз в год (2.4 м), в 5 лет (2.8 м), в 10 лет (3 м) и в 50 лет (до 4 м), вероятность таких явлений необходимо учитывать при установке рыболовной фермы.

Гидрологические условия. Сведения постов Гидрометеорологической службы о характере изменения температурного режима вод на российском побережье Черного моря мы объединили в таблицу, также позволяющую рыбакам ориентироваться при планировании производственной деятельности: оценке темпов роста объектов выращивания, объема корма и сроков смены ассортимента, а также расчета времени трансформации его потерь в морской среде (табл.1).

Этому же способствовали привлеченные нами материалы сезонных многолетних (1957—1989) полевых океанографических наблюдений Южного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии в восточной части Черного моря от поверхно-

Таблица 1

Средняя месячная температура воды на поверхности моря на побережье Сочи

Район	Температура, °С	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сочи	средняя	9.5	8.6	8.9	10.9	14.8	19.6	23.7	24.8	22.9	19.2	15.3	11.7
	максимальная	11.2	10.6	10.4	13.4	18.2	22.5	25.7	26.9	25.8	21.7	17.3	13.3
	минимальная	7.7	6.4	6.5	8.1	12.3	16.2	20.2	23.1	21.3	16.5	12.8	9.5
Гагра	средняя	10.2	9.2	9.0	10.7	15.0	19.7	23.6	25.0	23.3	19.7	15.7	12.4
	максимальная	11.8	10.8	10.4	13.4	17.7	23.6	26.5	27.0	25.9	22.0	18.4	14.8
	минимальная	8.2	7.1	6.8	7.8	12.0	17.3	21.3	23.1	22.1	17.3	12.6	10.3
Пицунда	средняя	9.8	8.9	9.0	11.4	15.5	20.3	23.7	24.5	23.1	19.4	15.3	12.0
	максимальная	11.2	9.9	10.4	12.8	17.6	23.1	25.0	26.4	24.3	21.1	17.9	14.5
	минимальная	8.3	7.6	7.9	9.3	12.9	18.2	22.1	23.0	21.7	17.7	12.9	7.9

сти до дна через 10 м в точках, удаленных на 1, 5, 10, 20, 30 и 50 миль от берега.

В районе Большого Сочи самая холодная вода на поверхности у берега наблюдается в феврале (6.4–7.1°C), а самая теплая — в августе (26.9–27°C). При этом весной тепловой фон в 1 миле от берега на 2–3°C выше, чем непосредственно у берега (по причине большей тепловой инерции моря по сравнению с сушей). Летом эти показатели выравниваются, а зимой температура воды на поверхности в 1 миле от берега ниже прибрежной на 3–5°C. При этом весной температура воды от 0 до 40 м понижается с 18 до 8°C, летом — с 24.5 до 12°C, осенью и зимой в этом слое она практически одинакова и составляет соответственно 13.5°C и 8.6°C (табл.2).

Динамика вод побережья России в Черном море определяется как общими для водоема

особенностями циркуляции, так и региональными факторами. Вдоль Кавказского побережья Черного моря на удалении от берега 15–25 км (в районе Кодори-Бзыбь — 3–5 км) располагается поток Основного черноморского течения (ОЧТ), шириной до 40 миль, направленный на северо-запад. Мы систематизировали результаты инструментальных наблюдений за течениями в исследуемом районе, проведенных сотрудниками Южного отделения Института океанологии СССР (Геленджик) в 1980-х годах с помощью самописцев течений, установленных на автономных многосуточных буйковых станциях [5]. Выявились также экологически значимые для нашей цели явления.

На участке акватории от Сочи до Анапы прибрежные течения независимо от сезона имеют возвратно-поступательный вдольбереговой характер в диа-

метрально противоположных направлениях — 310 и 130°. Максимальные скорости северо-западных течений в 1.5–2 раза выше юго-восточных и могут достигать в отдельные годы (октябрь, декабрь) 122–128 см/с, при среднемесячных в период максимумов (зима) значениях 10–15 см/с.

Северо-западные течения преобладают здесь с октября по апрель, а юго-восточные — в мае и августе. В остальные месяцы года вероятность таких направлений потоков примерно одинакова. Средняя продолжительность северо-западных течений составляет 3.4–5.6 сут, максимальная в теплое время года (май–октябрь) — 7–8, а в холодное (ноябрь–апрель) — 10–12 сут. Средняя за год продолжительность юго-восточных течений — 2.2–6.2 сут, максимальная в мае–октябре — 9–10, а в ноябре–апреле — 3–5 сут.

Таблица 2

Среднемноголетние (1957–1989) характеристики прибрежных вод северо-восточной части Черного моря на удалении 1 мили от берега

Глубина, м	Весна			Лето			Осень			Зима		
	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л
0	17.99	16.60	6.75	24.50	17.17	5.57	13.78	17.61	6.48	8.66	17.64	7.34
10	14.98	17.64	6.99	23.62	17.53	5.54	13.97	17.93	6.47	8.55	17.99	7.35
20	11.56	17.92	7.14	20.10	17.79	6.07	13.79	17.99	6.43	8.57	18.10	7.25
30	9.37	18.11	7.20	14.69	18.05	6.73	13.41	18.06	6.41	8.60	18.13	7.20
50	7.68	18.29	6.91	8.58	18.29	6.69	10.81	18.28	6.41	8.25	18.25	7.04

Проанализировать результаты океанографических съемок прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря, проведенные различными ведомствами в 1980—2000 гг., мы убедились в том, что все полевые исследования зафиксировали в этом районе моря характерную особенность циркуляции вод — регулярное развитие на прибрежной периферии ОЧТ антициклонических вихрей (АВ) с вращением вод по часовой стрелке. Их основные показатели, оцененные разными авторами, мы свели в табл.3, использовавшуюся при планировании размещения рыбоводной фермы. Кроме того, важные выводы вытекают из результатов экспериментов с дрейферными поплавками, проведенные в северо-восточной части Черного моря сотрудниками Института океанологии РАН [5] в начале 2000-х годов.

Во фронтальной (передней) части АВ течение направлено с открытой части моря к берегу, а в тыловой — от берега в сторону моря. Скорости течений могут достигать здесь 70—80 см/с (иногда 100—130 см/с) на поверхности моря и 50—60 см/с (80—100 см/с) в придонном слое вод шельфа. Поскольку линейные размеры АВ (50—60 км) больше ширины шельфа (4—12 км), то перед вихрем происходит «освежение» шельфа чистой водой из открытого моря, а в его тылу — загрязняющие вещества выносятся в море. Такой сильный поток в течение не-

скольких дней интенсивно «промывает» шельф и транспортирует не только загрязненные воды, но и огромное количество взвеси в открытое море.

Вдоль кавказского побережья Черного моря отсутствует жесткий потенциальный барьер между глубоководной и мелководной зонами моря. Плавающие поплавки легко пересекали кромку шельфа, перемещаясь из прибрежной зоны в открытое море и обратно, что свидетельствует об отсутствии динамических препятствий для выноса загрязнений в открытое море.

Эту информацию подтвердили использованные нами данные анализа космического мониторинга АВ в Черном море, проводимого в настоящее время Институтом океанологии РАН [5], а также результаты зондирования Земли из космоса, выполняемого с Международной космической станции (МКС) и регулярно обрабатываемого в Институте географии РАН. Эти снимки также позволили установить закономерности и траектории движения вихрей вдоль кавказского побережья Черного моря.

Неоднократно прибрежные вихри отделялись от берега и проникали в открытую часть моря. Любопытно, что при этом с борта судна было видно, как суда, работающие в зоне вихря в открытом море, оказывались окруженными плавающим мусором (ветками, пластиковыми бутылками и пакетами, канистрами, кусками пенопласта, детскими игрушками и пр.), как будто

судно работает в прибрежной зоне. Проходящие синоптические вихри, таким образом, не только скапливают взвеси и воду с повышенными концентрациями продуктов метаболизма рыб и остатков корма, но и выносят их в открытые акватории моря, очищая тем самым зону рыбоводных ферм.

* * *

Географо-экологический анализ гидрологических условий и природных механизмов водообмена прибрежных вод с открытыми акваториями, определяющих трансформацию и накопление загрязнений в воде и осадках шельфа, убеждает в том, что, в отличие от традиционных зон развития марикультуры в Мировом океане (застойные фьорды Англии, Швеции, Дании), в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря района существуют мощные природные механизмы самоочищения водной среды.

Расчеты солевого баланса вод шельфа, проведенные сотрудниками Института океанологии РАН, показали [5], что характерное время полной замены вод на шельфе шириной 10 км в результате водообмена с открытой частью моря под влиянием антициклонических вихревых круговоротов, периодически проходящих вдоль побережья Северного Кавказа, составляет около 35 суток. Учитывая известную продолжительность их прохождения через точку (до 6 суток зимой и 14 су-

Таблица 3

Антициклонические вихри северо-восточной части Черного моря

Показатель	Статистическая характеристика			
	средняя	σ	максимальная	минимальная
удаление центра от берега, мили	19	11	60	10
продольный диаметр, мили	29	8	50	15
поперечный диаметр, мили	20	7	40	10
толщина, м	265	68	400	160
площадь, км ²	1620	911	4308	922
объем воды, км ³	430	183	861	147
орбитальная скорости, см/с	28	5417	58	10
расход через радиальное сечение, м ³ /с	380208	196148	812770	160530

ток летом при максимуме в мае — 21 сутки) легко оценить, что полную вентиляцию морской рыбоводной фермы зимой произведут пять-шесть, а летом — два-три вихря. Это представляется вполне реальным, так как в течение месяца через район проходит до четырех вихрей, а в целом за год их количество колеблется от 19 до 46, при средней величине 32 вихря.

Математическое моделирование процессов переноса осадочного материала медленно

меняющимися (дни или недели) по направлению течениями, проведенное в этом же институте, позволило заключить, что АВ прибрежных черноморских вод России с диаметром 30 км и орбитальной скоростью 25.5 см/с способны переносить до $2.9 \cdot 10^5$ т взвеси с диаметром частиц 7.5 мкм (песок), что в три раза превышает объем твердого стока рек в этом районе моря. За год АВ в северо-восточной части Черного

моря переносят от 2560 до 1060 км³ поверхностных вод при средней величине переноса 1780 км³.

Это с большой вероятностью позволяет сделать заключение о практически полной экологической безопасности будущей рыбоводной фермы. При этом следует отметить необходимость учета высокой динамической активности вод черноморского побережья Северного Кавказа при установке на якоря рыбоводных садков. ■

Литература

1. Биологические основы марикультуры / Ред. Л.А.Душкина. М., 1998.
2. Секрет фирмы. 2005. №47(134).
3. Муравьев В.Б. Перспективы развития воспроизводства и товарного рыболовства у Российского берега Черного моря. // «Перспективы развития рыбохозяйственного комплекса России — XX век». Научно-практическая конференция. Тезисы докладов. М., 2002.
4. Фащук Д.Я. Географо-экологический «портрет» Черного моря // Природа. 1998. №9. С.53—68.
5. Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря / Ред. А.Г.Зацепин, М.В.Флинт. М., 2002.

Археологи Университета им.Дж.Хопкинса (США) обнаружили при раскопках в Луксоре (Египет) прекрасно сохранившуюся статую из черного гранита высотой в 1.5 м и шириной 42 см. Скульптура возрастом около 3400 лет скорее всего изображает Те́йе — уроженку Нубии, которая стала главной супругой Аменхотепа III, хотя и не была царских кровей. Ее сыном был Эхнатон, а внуком — Тутанхамон.

Science et Vie. 2006. №1063. P.19 (Франция).

Крылоногий моллюск морской ангел (*Clione limacina*), обитающий в умеренных и арктических водах Мирового океана, целый год может обходиться без еды! Специалисты Института полярных и морских исследований им.Альфреда Веге-

нера (Германия) выяснили, что в организме этого хищника, питающегося зоопланктоном, накапливаются большие запасы липидов, которые расходуются постепенно, на протяжении длительного времени. Кроме того, они защищают моллюска от паразитов.

Science et Vie. 2006. №1063. P.24 (Франция).

Зеленой черепахе (*Chelonia mydas*), которая с 1996 г. числится в списках краснокнижных видов, на самом деле опасность вымирания не грозит! К такому неожиданному заключению пришли английские специалисты, изучившие многолетнюю (начиная с 1822 г.) динамику численности этих животных на о.Вознесения (он расположен в центральной части Атлантического океана,

принадлежит Великобритании). Оказалось, что зеленых черепах, приплывающих на остров для откладки яиц, стало по сравнению с 70-ми годами прошлого века больше на 285%. Сегодня в мире насчитывается более 2.2 млн особей *Ch.mydas*.

Science et Vie. 2006. №1063. P.36 (Франция).

Охлаждение на 0.5°C поверхностных вод Тихого океана в тропической зоне, отмеченное между октябрём и декабрём 2005 г., дает основание считать, что наступило время очередного прихода Ла-Нинья. Это климатическое событие проявляется в два раза реже, чем его собрат Эль-Ниньо.

Science et Vie. 2006. №1064. P.40 (Франция).

Зеленая черепаха