

Предисловие

Предлагаемая читателю книга написана кандидатом биологических наук Галиной Владимировной Коноваловой, ведущим научным сотрудником Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН, одним из немногих планктологов страны, членом и экспертом двух международных организаций по проблемам "красных приливов". В основе книги - материалы длительных исследований автора во многих районах Тихого океана, на Дальнем Востоке, в том числе на Камчатке, а также опыт исследований фитопланктологов, связанный с "цветением" воды.

Проблема "красных приливов", не новая для человечества, все более обостряется в некоторых районах, где возрастает загрязнение морских акваторий. В результате многолетних усилий ученых многих стран изучены многие виды микроорганизмов, вызывающих "красные приливы"; разработаны критерии классификации по токсичности; выявлены многие предпосылки их массового размножения, основные закономерности образования токсичных веществ, их движения по пищевым цепям и воздействия на организм человека. В проблеме "красных приливов" еще много неизученного. Недостаточно ясны биологические и химические механизмы развития, динамика распространения в Мировом океане, характер связи с антропогенной деятельностью и ее последствиями, в частности с загрязнением природной среды и т.п..

Проблема "красных приливов" в морях Российского Дальнего Востока, где целенаправленные специальные исследования редки, а имеющиеся данные накоплены как дополнительные результаты исследований по другим темам, все еще изучена недостаточно.

В Камчатской области "красные приливы" долгое время не воспринимались как опасные явления. Не потому, что их не было, или они не были токсичны. "Красные приливы" у берегов Камчатки возникали, их наблюдали, но, вследствие эпизодичности этих явлений и слабой заселенности побережий, контакты с ними были не часты. А негативные последствия таких контактов, даже со смертельным исходом, не привлекали к себе устойчивого внимания из-за особенностей развития региона, в частности, гораздо более высокой и, в отличие от воздействия "красных приливов", стабильной смертности от несчастных случаев.

В последние годы, хотя большинство акваторий прилегающих к побережью Камчатки морей не относятся к значительно загрязненным, "красные приливы" здесь становятся более частыми. Известны случаи

отравления морепродуктами, добытыми во время "красных приливов". Некоторые случаи закончились смертельным исходом: пока только для лиц, любительским образом добывающих морские организмы для употребления в пищу. В зонах "красных приливов" еще не ведется промысел морепродуктов в промышленных объемах для реализации: последствия такого промысла можно предсказать, но допускать нельзя.

Сегодня нет большой необходимости в приобретении собственного печального опыта. В тех странах мира, где морские побережья плотно заселены, "красные приливы" возникают чаще, а контакты человека с токсичными веществами, содержащимися в морепродуктах, постоянны, отношение к этой проблеме давно определилось, как разумная осторожность. Там давно уже ведутся целенаправленные научные исследования, выработаны системы обнаружения, оповещения, обеспечения безопасности населения. Например, в Японии, известной своей древней культурой, мудростью традиций и скрупулезной регламентированностью поведения, забота о предотвращении опасных последствий "красных приливов" поднята на государственный уровень. Цветные буклеты с описанием и изображением морских организмов, вызывающих "цветение" моря, находятся в качестве обязательных документов в штурманских рубках японских судов, плавающих в районах интенсивной марикультуры (например, Внутреннее Японское море). Это позволяет, сопоставив материалы с помощью микроскопа, немедленно, до прибытия ученых, опознать организмы и классифицировать опасность вызванного ими "цветения" моря. В Японии издаются и распространяются в прибрежных поселениях памятки о гарантирующих безопасность правила поведения при встрече с "красным приливом". И что особенно хочется подчеркнуть: в Японии, за счет государственных ассигнований с участием частных фирм, занимающихся марикультурой и промыслом рыбы, ведутся систематические исследования проблемы "красных приливов", в которых занято около 400 ученых. Для сравнения - в России этой проблемой заняты лишь несколько человек.

Полагаем, что по аналогичному пути должна идти и наша страна, те ее регионы, где "красные приливы" становятся реальной и возрастающей опасностью. Поэтому считаем издание этой книги, поддержанное администрацией области и областным комитетом по охране природы, делом важным и актуальным.

В книге описаны история, качественные характеристики и пространственное распределение "красных приливов" у берегов восточной Камчатки, что позволяет частично оценить масштабы проблемы. Для специалиста-планктолога книга интересна материалами по биологии водорослей, вызывающих "цветение моря" в этом регионе. Для населения, специалистов природоохранных организаций, руководителей органов регионального и хозяйственного управления, профессиональных рыбаков эта книга полезна и даже необходима, поскольку содержит обоб-

щенные из практики других стран и простым языком изложенные рекомендации по поведению при обнаружении "красных приливов" и отравлениях добытыми в опасной зоне морепродуктами.

Эта книга, наконец, обращает внимание и на слабо изученные стороны проблемы "красных приливов". Недостаточно исследованы биологические и химические механизмы развития этого явления в Мировом океане и в прикамчатских водах в частности. Динамика распространения "красных приливов", классификация и характер взаимодействия вызывающих их факторов требуют изучения не только с позиции фундаментальной науки, но и для исключительно утилитарных целей. Так "красные приливы" возникают и в районах моря, не подверженных прямому антропогенному воздействию, но более часто в районах, наиболее интенсивно освоенных человеком и загрязненных отходами. Прогнозирование возникновения и характера развития "красных приливов" без раскрытия закономерностей взаимодействия природных и антропогенных факторов - невозможно, и будет иметь скорее гадательный, чем научный характер.

Эту книгу можно упрекнуть в смещении разнопрофильных проблем: от фундаментальных научных до узко практических, в применении разных стилей изложения - от сухого научного до простейшего популярного. Необходимо, я думаю, объяснить, что автор предвидел возможность таких упреков, но преднамеренно шел на разноплановость книги. Доступной практикам литературы по этой проблеме на Камчатке нет: предложенная книга первая. Резко усложнившиеся условия публикаций научных изданий не позволяют надеяться на выпуск в ближайшее время нескольких книг, каждая из которых была бы посвящена одной стороне проблемы и рассчитана на узкий социальный слой читателей. В этой ситуации наиболее рациональной формой представляется избранная автором: сжато о многом.

Р. Моисеев

Введение

Почти полвека назад у берегов Каряцкой земли произошла трагедия. Экипаж рыболовецкого судна флотилии "Алеут", высадившийся в бухте Павла (Олюторский район) для забора пресной воды, позавтракал мидиями, испеченными на костре, в результате чего шесть человек отравились, а двое из них (капитан и штурман) умерли от остановки дыхания. Это происходило в период небывалого, обширнейшего красного "цветения воды" у северо-восточных берегов Камчатки в сентябре 1945г., о котором сообщил в 1968г. капитан дальнего плавания С.П.Лебедев в журнале "Рыбное хозяйство". Вот как он описывает наблюдаемое им явление: "Район ... промысла между мысом Наварин и мысом Олюторский оказался, в отличие от предыдущих лет, в это время года совершенно пустым. Никакой жизни на поверхности моря не наблюдалось. Вся видимая поверхность прибрежных вод на несколько миль была покрыта коричнево-красными полосами, располагавшимися с одинаковыми интервалами с севера на юг".

Подобные драматические события с аналогичными трагическими последствиями (и тем же летальным исходом) произошли в г. Петропавловске-Камчатском в августе 1973г. (Куренков, 1973, 1974) во время "цветения воды" в Авачинской губе, когда в разной степени отравленными в результате употребления в пищу вареных и печеных мидий оказались 12 человек, в основном дети, двое из них умерли.

Так какова же связь между мидиями и "цветением воды", называемым также "красным приливом"? Почему моллюски становятся токсичными во время "красных приливов"? Что такое "красные приливы"? Почему и как они возникают, каковы последствия? На эти и другие вопросы, связанные с этим природным явлением, мы и попытаемся ответить.

Что такое "красные приливы"

и как они возникают?

"Красный прилив" - это в значительной степени условное, символическое название сильного "цветения воды" в море. Он не всегда красный (хотя в большинстве случаев этот цвет преобладает) и далеко не всегда прилив. Под "красным приливом" понимается любое визуально наблюдаемое изменение цвета воды на поверхности моря при массовом размножении микроскопических организмов, населяющих толщу воды (планктон), - водорослей (фитопланктон), простейших животных (например, инфузорий), бактерий и грибов. В большинстве случаев, однако, возбудителями "красных приливов" являются планктонные водоросли, а среди них - динофлагелляты. Но об этом позже.

В настоящее время насчитывается около 200 видов микроскопических водорослей, вызывающих "цветение воды" в морях, из них примерно 20% образуют ядовитые "красные приливы" (см. Коновалова, 1992а). Число их быстро растет, чему способствует антропогенная эвтрофикация¹ прибрежных вод и внутренних морей, которая приводит к качественному изменению среды, что в свою очередь меняет не только частоту и характер "цветения", но и состав видов-возбудителей. Цвет воды при "цветении моря" может быть самым разнообразным: от всех оттенков красного, коричневого, желтого и зеленого до синего и серого цветов, а также их сочетаний, в зависимости от окраски вызывающих "цветение" организмов. Форма "красных приливов" (от локальных пятен до полос в несколько миль) и их продолжительность (от 2-15 суток до 2-3 месяцев) могут также весьма различаться.

Различают два типа "цветения воды": закономерные сезонные вспышки развития фитопланктона, повторяющиеся ежегодно в определенные сезоны (например, весной) с разной степенью интенсивности, и незаконномерные, эпизодические, собственно "красные приливы". К развитию "цветений" приводит соответ-

¹ Повышение биологической продуктивности водных экосистем в результате обогащения их питательными веществами, поступающими в процессе человеческой деятельности (Реймерс, 1980).

ствующее взаимодействие наиболее благоприятных (оптимальных) физических, химических и биологических факторов или условий среды обитания. К физическим факторам относится горизонтальная неоднородность и вертикальная устойчивость (стратификация) водных масс, оптимальная освещенность и температура воды, ветры, течения, приливы.

Химические параметры включают высокий уровень доступных минеральных (биогены) и растворенных органических (РОВ) и органических оформленных (ООВ) питательных веществ, включая наличие витаминов и адекватных биологически доступных металлов, поступающих с береговыми стоками, из атмосферных осадков и донных отложений при вертикальных движениях воды. В значительной степени питательные вещества образуются и в самом водоеме в результате бактериальной деструкции (минерализации) органического вещества, прижизненного и посмертного выделения РОВ водными организмами, а также за счет регенерации (возобновления) биогенов всем планктонным сообществом. Биологические факторы включают прежде всего три типа благоприятных для водорослей трофических (пищевых) взаимодействий: альго²-бактериальный и альго-микрзоопланктонный (простейшие, коловратки и др.) синергизм³, а также взаимодействие с консументами⁴ (хищный зоопланктон, рыбы и др.). Последнее предполагает отсутствие или сокращение выедания доминирующих видов водорослей, вероятно, под воздействием альготоксинов или других антибиотических веществ. К биотическим факторам относится и благоприятное взаимоотношение внутри самого растительного сообщества. Наиболее существенным из биологических параметров является способность доминирующих, вызывающих "красные приливы" видов водорослей, к образованию покоящихся спор (цист), позволяющих пережить неблагоприятные условия среды от нескольких месяцев до нескольких лет.

Эти виды проходят две основные фазы их жизненного цикла: вегетативные подвижные (у жгутиковых водорослей) клетки и неподвижные покоящиеся споры (гипноспоры, гипнозиготы), которые образуются в конце вегетации и зимуют в донных отложе-

² Альга (лат.) - водоросль.

³ Усиление действия одного фактора другим фактором.

⁴ Организмы, питающиеся водорослями.

ниях, образуя своеобразные "грядки с рассадой". Но эти "семена" не могут прорасти сразу. Вновь образовавшиеся цисты должны пройти период 2-6-месячного покоя ("спячки", когда они созревают), в течении которого прорастание невозможно, как бы благоприятны не были остальные параметры среды. Однако зрелые споры уже чутко реагируют на благоприятные физико-химические условия. Они переносятся в световую зону вертикальным движением водных масс (апвеллинги, конвекция и др.) и даже уносятся на большие расстояния от места захоронения системой фронтальных течений.

Американскими учеными Д.М.Андерсоном и Б.А.Кефир (Anderson, Keafer, 1987) установлено, что для динофлагеллят рода *Александриум* (*Alexandrium*) (представители которого в основном образуют токсичные "красные приливы" в северных морях, в том числе у восточных берегов Камчатки), обитающих на мелководье, толчком к началу вегетации является температура воды. В глубоководных районах, где температура воды у дна практически остается неизменной, эту функцию выполняет внутренний механизм клетки - эндогенные "годовые часы", безошибочно указывающие на благоприятные условия у поверхности воды. Разовьется ли обычная вегетация вида во вспышку сильного "красного прилива", во многом будет зависеть от обилия доступной пищи и благоприятных гидрологических и метеорологических параметров среды.

Многочисленные исследования "красных приливов" у берегов Японии показали прямую зависимость незакономерных "цветений" планктонных водорослей от гидрохимической обстановки. Сильное антропогенное воздействие сделало "красные приливы", вызванные разнообразными видами жгутиковых водорослей и *Мезодиниумом* красным, частым явлением в Японии начиная с 1965г. (Okaichi, 1983). Мощным фактором активизации "цветений воды" является растворенное органическое вещество, поступающее с канализацией, используемое непосредственно и активизирующее процесс фотосинтеза. Установлено, что РОВ повышает интенсивность фотосинтеза, темп деления клеток, увеличивает биомассу, при дефиците минеральных соединений азота и фосфора способствует усвоению органических.

При обилии пищи и наличии зрелых готовых к прорастанию спор на первое место при возбуждении "красных приливов" выступают физические факторы, а среди них - стабилизация водной толщи. В открытых водах "красные приливы" отмечаются в

зонах фронтов (дивергенций⁵) в условиях слабого движения воды и достаточного обилия пищи. Однако в естественных условиях совпадение двух последних факторов бывает не часто, ибо процессы, обогащающие воду питательными веществами, вызывают одновременно сильные турбулентные потоки, которые рассеивают клетки и препятствуют их высокой концентрации. Особенно нуждаются в более длительном сохранении условий вертикальной стабильности воды динофлагелляты, потому что они имеют невысокую скорость размножения по сравнению с диатомеями (см. ниже). Нередко фактором стабилизации водной массы выступает опреснение. Наиболее часто "красные приливы", вызванные динофлагеллятами, наблюдаются в опресняемой зоне у берегов (эстуарии рек и т.д.), а также после дождей.

Очевидно, что спорадически упоминаемая связь между низкой соленостью воды и "цветением динофлагеллят" существует не из-за любви динофлагеллят к низкой солености, а как результат стабилизирующего влияния слоя опресненной воды. Кроме того, реки, особенно в периоды дождей и паводков, обогащают опресненные участки биогенами и микроэлементами, среди которых железо является наиболее значительным фактором развития "красных приливов" (Estrada, 1986; Steidinger, 1973).

В периоды уменьшения стока рек необходимая для возникновения "красных приливов" жгутиковых водорослей органическая субстанция (РОВ) может быть получена из стареющего и оседающего "цветения диатомей". Обсуждая экологию образования "красных приливов" у берегов Флориды, К.Стейдингер (Steidinger, 1973) пришла к выводу, что зарождение их наиболее часто происходит в зонах выхода на поверхность богатых пищей вод (анвеллингов) и речного стока. При этом взаимодействующие параметры должны быть оптимальными для того, чтобы цветение развилось в сильный "красный прилив". Ветры, приливы, течения, конвергенции и пикноклины, действуют как концентрирующие механизмы, являясь причиной высокой концентрации одноклеточных организмов до миллионов в литре воды.

Таким образом, в продуктивных эвтрофных (богатых пищей) и гиперэвтрофных водах морского побережья, где питательные вещества не лимитируют массового развития фитопланктона, а донные отложения содержат достаточное количество зрелых

⁵ Районы выхода глубинных вод, богатых биогенами.

спор, физические факторы становятся определяющими и число случаев "красных приливов" будет в значительной степени зависеть от наступления благоприятной гидрологической и метеорологической обстановки в локальных ареалах.

Последствия, меры борьбы, прогноз

"Красные приливы" как показатели сильного "цветения воды", редко проходящего без негативных последствий, в последние десятилетия вышли из категории явлений редких, загадочных и необычных и приобретают характер глобальной эпидемии. Объективной причиной последнего служит рост населения Земли и связанное с ним загрязнение морей. Начинаясь предсказанное отдельными учеными двадцать лет назад превращение водоемов к 90-м годам в котел водорослей вследствие антропогенной эвтрофикации при существующем уровне поступления в них биогенов. Несмотря на то, что "цветение" воды было известно уже в древности (Библия; Ветхий Завет; Вторая книга Моисеева; Исход, гл. 7, с. 20-21), изучение этого явления в некоторых странах, например Японии, началось в нашем столетии. Однако только с 60-х годов стало очевидно, что рост его связан с глобальным загрязнением морей и является серьезным препятствием на пути хозяйственного использования океана. Особенно серьезной проблемой становятся токсичные "красные приливы", наносящие огромный ущерб хозяйствам по культивированию морских животных, использованию пляжей и туризму, приводящие к массовым отравлениям и, нередко, смерти людей, гибели морских млекопитающих, птиц, рыбы, создавая аномальную экологическую обстановку в море. "Красные приливы" прямо или косвенно наносят большой социальный, экономический и экологический ущерб человечеству. Прямое воздействие на человека и животных осуществляют токсины, продуцируемые некоторыми представителями микроскопических планктонных водорослей. Причем, если до последнего времени основными продуцентами ядовитых веществ были динофитовые и синезеленые водоросли, то совсем недавно они обнаружены и среди диатомовых, а также нетоксичных ранее представителей золотистых водорослей. Некоторые ядовитые ви-

ды сами непосредственно цветений не вызывают, но присутствуют в планктонном сообществе при "красных приливах" в качестве токсичного компонента.

Большинство "красных приливов", вызванных нетоксичными видами, также нередко сопровождаются массовой гибелью гидробионтов, связанной с опосредованным воздействием, таким как засорение жабр, отсутствие или недостаток кислорода и др. Бактериальное разложение массы оседающего органического вещества сопровождается не только резким снижением кислорода в воде, но и появлением ядовитых веществ: сероводорода и аммиака, что приводит к высокой смертности донных животных. По-видимому, ни одно значительное "цветение воды" в настоящее время не является безвредным, так как, даже не оказывая прямого или косвенного вредного воздействия на животных и человека, оно участвует в процессах эвтрофикации избыточной массой органического вещества. Спектр проблем, связанных с "красными приливами", довольно обширен. Проблемы экологические переплетаются с экономическими и здравоохранения. Так, массовая гибель рыбы у берегов, связанная с "цветением" токсичных водорослей, при сильных ветрах со стороны моря, а также при выбросах на берег мертвой рыбы, вызывает у населения респираторные заболевания: постоянный сухой кашель, ощущение жжения в носу, глотке, гортани, трахеях и легких. Заморные явления, как последствия "цветения" диатомей, сопровождающиеся гибелью бентосных животных, приводят к закрытию пляжей, санаториев, запретами на купание. "Красные приливы" приносят огромный ущерб рыболовству, немалые убытки хозяйствам марикультуры в США, Японии, Франции, Испании и других странах, экономика которых тесно связана с морем. Вызванные токсичными динофлагеллятами, "красные приливы" приводят к массовому отравлению людей зараженными моллюсками и рыбой, что нередко кончается смертью.

По мере получения информации о причинах возникновения "красных приливов", биологии, физиологии, и экологии видов-возбудителей предлагались разнообразные меры для предотвращения вредных "цветений воды", поскольку известно, что бороться с "красным приливом", когда он уже развился, невозможно. По отношению к ядовитым видам предлагались биологические, химические и механические средства борьбы: использование видов-антагонистов, конкурирующих видов, консументов, перекиси во-

дорода, лимитирование железа и основных биогенов, а также уничтожение цист в донных отложениях, фотодинамическое разрушение клеток в толще воды и др. В портах Австралии стал осуществляться контроль за балластными водами танкеров для предотвращения ввоза видов микроводорослей, опасных для марикультуры. Однако все эти меры в отдельности, как правило, малоэффективны, а некоторые из них и не безвредны.

Наиболее надежным средством снижения частоты и интенсивности "цветений" является установление жесткого контроля за спуском в море неочищенных промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод в сочетании с некоторыми наиболее эффективными биохимическими и химическими методами борьбы, а также изъятие фосфора из моющих веществ (детергентов). В этом отношении замечателен опыт Японии, хотя США, Швеция и другие страны также прилагают усилия в этом направлении (Miyakawa, 1987). Быстрый экономический рост страны с 1960г. по 1970г. привел к росту загрязнения морских вод, окружающих Японию. Это нанесло урон рыболовству, были закрыты пляжи, участились случаи отравления людей. Особенно пострадало красивейшее из морей - Внутреннее Японское море (море Сето), когда-то предназначавшееся под национальный парк. Оно оказалось одной из наиболее загрязненных акваторий Японии. В период "красных приливов" 1972, 1977, 1978 гг. наблюдалась массовая гибель молоди культивируемых здесь рыб. В 1972г. ущерб составил 7,1 миллиардов иен. В начале 70-х годов правительство Японии, обеспокоенное возникшей проблемой, начало борьбу с загрязнением моря. Был принят ряд контрмер, направленных на улучшение качества морской воды. В 47 префектурах было установлено 2200 пунктов, осуществляющих мониторинг в пределах 10 км акваторий прибрежной зоны. Пробы отбирали по 20 и более параметрам, наиболее важный из которых - ХПК (химическое потребление кислорода) показывает величину органического загрязнения морской воды. Хотя система мониторингов и контроля за качеством сбрасываемой морской воды была установлена в начале 70-х годов, в первые годы после резкого сокращения сброса в море неочищенных вод число "красных приливов" в море Сето еще продолжало расти до 1976г., очевидно, за счет донных отложений. Но уже в 1977г. число их резко сократилось, и положение стало улучшаться. Наиболее действенной мерой оказалось изъятие фосфора из моющих средств в 1980г.

К 1984-1986 гг. число "красных приливов" в море Сето сократилось почти в два раза, а случаев гибели рыб - в три раза. Большую помощь оказывают хорошо отлаженные системы слежения за "цветением воды" и его последствиями и информационного обмена в случае их возникновения, существующие в море Сето.

Однако усилия отдельных стран, направленные на улучшение обстановки, остаются пока локальными, а загрязнение Мирового океана в целом продолжает нарастать в результате активной деятельности человека и увеличения его численности. Международное научное сообщество, занимающееся проблемой "красных приливов", вынуждено признать, что возможность глобальной экспансии "цветения воды" и связанных с нею проблем существует. Поскольку устранить объективные причины роста "красных приливов" в настоящее время не представляется возможным, имеющаяся на сегодня информация должна быть направлена на уменьшение и предсказание наиболее опасных из них. Точный прогноз - первейшая задача науки, с его помощью можно значительно снизить или предотвратить последствия сильных "цветений воды", наметить пути к управлению ими. Основой прогноза является комплексный экологический мониторинг. Он позволяет предсказать "красные приливы" наиболее точно по времени и району. Качество предсказания значительно улучшается знанием биологии и жизненных циклов видов, вызывающих "цветение воды" в данном районе, а также информацией о динамике биомассы доминирующих видов микроскопических планктонных водорослей. Одной из первых попыток прогноза было использование так называемого "железного индекса" для предсказания "красных приливов", вызванных динофлагеллятами у берегов Флориды, поскольку стало известно, что железо наиболее существенный из факторов, влияющих на их цветение (Ingle, Martin, 1971). Успешное прогнозирование "красных приливов" начали осуществлять в Японии. Для этого используются анализы многолетних гидрохимических данных с учетом экологии вида, а также данные по распределению всех абиотических факторов и построению карт "красных приливов". Основными путями исследования "красных приливов" с целью прогноза Т.Цудзита (Tsujita, 1984) считает контроль за погодными условиями, изучение динамики "цветения фитопланктона" с учетом процессов циркуляции воды, развитие методов моделирования и др. Немалую помощь в обнаружении ранних стадий "красных приливов" и исследований

их динамики могут оказать наземным службам спутники, вертолеты, самолеты и другие дистанционные наблюдения с воздуха. С их помощью можно быстро принять меры к оповещению населения, спасению животных в садках и ряд других мер.

"Красные приливы" у восточных берегов Камчатки

Организмы-возбудители

Среди 16 видов наиболее изученных организмов (всего их уже около 20), вызывающих "красные приливы" у берегов Камчатки и/или являющихся токсичными, подавляющее большинство (15 видов) составляют планктонные водоросли, планктонные животные представлены одним видом инфузорий.

Планктонные водоросли - мельчайшие, микроскопические растения, населяющие толщу воды (фитопланктон). Они представлены отдельными одноклеточными организмами или соединены в разнообразные колонии. Размеры их лежат в пределах 0,5-2000 микронов (мкм, тысячная доля миллиметра), большинство же имеет величину от 2-3 до 20-60 мкм. Мельчайшие размеры сочетаются с огромной ролью, которую выполняет фитопланктон подобно растениям на суше, создавая органические вещества из минеральных в процессе фотосинтеза. Его называют "травой морей", поскольку на этих "пастбищах" пасутся разнообразные планктонные животные (зоопланктон), которые являются пищей рыб и других морских животных, а также рыбы, непосредственно питающиеся микроводорослями. Основная масса фитопланктона населяет верхнюю, пронизанную светом толщу воды до 20-100 м. Клетка водорослей состоит из вязкого содержимого (протоплазмы), заключенного в оболочку, ядра (или распыленного ядерного вещества), и многочисленных разнообразных органелл - специфических клеточных образований, к числу которых в первую очередь относится фотосинтетический аппарат. Основная функция его - поглощение энергии солнечного света и превращение в химическую, что возможно только в присутствии хлорофилла, пигмента зеленого цвета, заключенного в хлоропласты. Помимо хлорофилла хлоропласты содержат и другие пигменты, цвет

которых и определяет окраску этих пластидов, а следовательно как самого организма, так и вызываемого им "цветения воды". Способность к фотосинтезу предполагает растительный или автотрофный тип питания микроводорослей. Однако среди фитопланктона встречаются и бесцветные формы, лишённые хлоропластов, что определяет особый тип их питания, близкий к животному или животный (гетеротрофный). Большинство же планктонных водорослей обладает способностью к смешанному (миксотрофному) типу питания. Размножение планктонных водорослей происходит бесполом и половым путем. Бесполое размножение преобладает и совершается в основном посредством деления вегетативных клеток пополам. Половое размножение осуществляется слиянием половых клеток (гамет) с образованием зиготы - родоначальницы новых особей. При кратковременных изменениях среды обитания микроводоросли образуют временные споры, а в конце вегетации или при наступлении неблагоприятных условий развиваются покоящиеся споры - толстостенные цисты, которые опускаются на дно, созревают и в ожидании благоприятных условий сохраняются там иногда долгие годы.

Планктонные водоросли - многочисленная и разнообразная группа организмов, представленная несколькими самостоятельными отделами (типами). У восточных берегов Камчатки распространены виды, принадлежащие к восьми отделам. Приступая к описанию организмов, приносящих в той или иной форме ущерб морским экосистемам Камчатки (а следовательно, и ее экономике) и опасных для здоровья людей, кратко охарактеризуем типы водорослей, к которым они принадлежат.

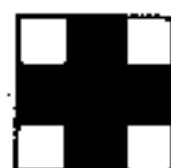
Синезеленые водоросли - Cyanophyta

Одноклеточные, колониальные и многоклеточные (нитчатые) организмы, у которых отсутствуют жгутиковые формы в жизненном цикле. Форма клеток этих водорослей достаточно примитивна, что сближает их с бактериями. Уникальный состав пигментов в различных сочетаниях определяет цвет клеток от синезеленого, фиолетового и бледно-голубого до желтого, коричневого и красного. Размножаются обычно бесполым путем - делением клеток надвое. Образуют покоящиеся споры (акинеты), которые выдерживают длительные неблагоприятные условия среды, иногда до нескольких десятков лет. Питание автотрофное (растительное) или смешанное. Быстро реагируют на загрязнение водоемов и обилие пищи "цветением воды", содержат ряд токсичных видов, которые, однако, бывают ядовитыми не всегда или проявляют токсичность при определенных условиях (Горюнова, Демина, 1974).

Обитают повсеместно как в пресных, так и в соленых водоемах. В холодных морях особенно многочисленны у берегов.

Микроцистис медно-зеленый

Microcystis aeruginosa Kutz. (Рис 1)



(Вид клеток в колониях).

Клетки шаровидные, 3,0-7,5 мкм в диаметре, с густо расположенными газовыми вакуолями, объединенные в слизистые колонии. Молодые колонии микроскопические, шаровидные или продолговатые, старые - крупные, бесформенные, желто-зеленого цвета.

Широко распространенный вид. Обитает в пресных и солоноватых водах. Образует токсичные штаммы. В Авачинской губе найден летом и осенью у поверхности воды, иногда обилён. В соседнем пресноводно-солоноватом озере Култушном образует сильное "цветение воды" летом, совместно с зелеными водорослями.



- токсичные или потенциально токсичные виды,



- нетоксичные виды.

Диатомовые водоросли - *Bacillariophyta*

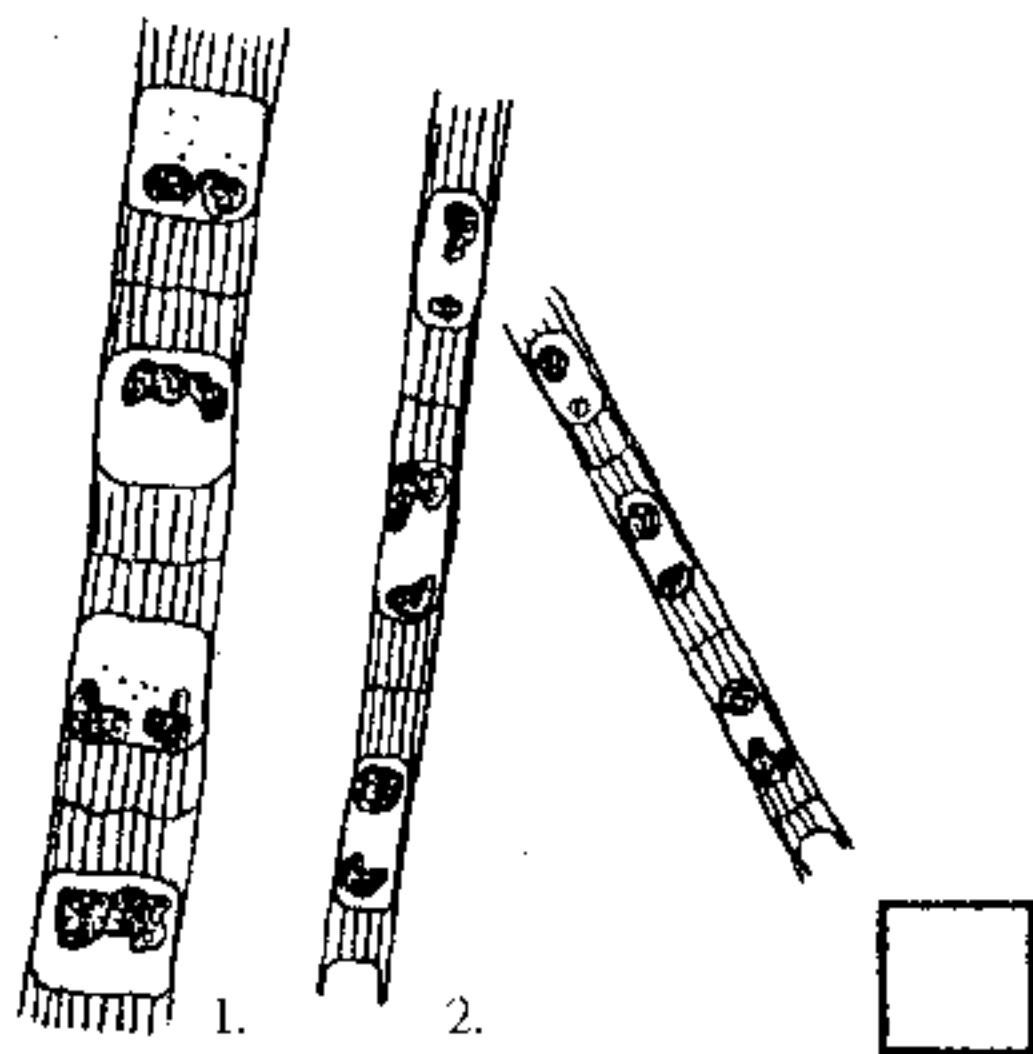
Одноклеточные микроскопические растения, живущие одиночно или соединенные в разнообразные колонии: нити, ленты, цепочки, звездочки и пр. Диатомовые имеют своеобразный клеточный покров в виде кремниевых оболочек - панцирь. Он состоит из двух половинок: верхней (эпитеки) и нижней (гипотеки), надвинутых одна на другую подобно коробке с крышкой. Каждая половинка состоит в свою очередь также из двух основных частей - створки (наружной части) и пояскового ободка. При рассмотрении клетки сверху (со стороны створки) и сбоку (со стороны пояска) она имеет различный вид. Диатомеи имеют желто-бурую окраску каротиноидов, маскирующих хлорофилл в хлоропластах живых клеток. Размножаются бесполым и половым путем. Многие виды образуют покоящиеся споры.

Диатомовые водоросли наряду с динофлагеллятами представляют одну из двух основных наиболее многочисленных групп морского фитопланктона. Значительная часть их ведет планктонный образ жизни, но обильны они и на дне, особенно у берегов.

Здесь приводятся два наиболее массовых и распространенных вида диатомей, которые вызывают "цветение воды" в данном регионе самостоятельно или совместно с другими видами планктонных водорослей.

Скелетонема ребристая

Skeletonema costatum (Grev.) Cl. (Рис 2.)



(Вид клеток в колониях при большем (1) и меньшем (2) увеличении).

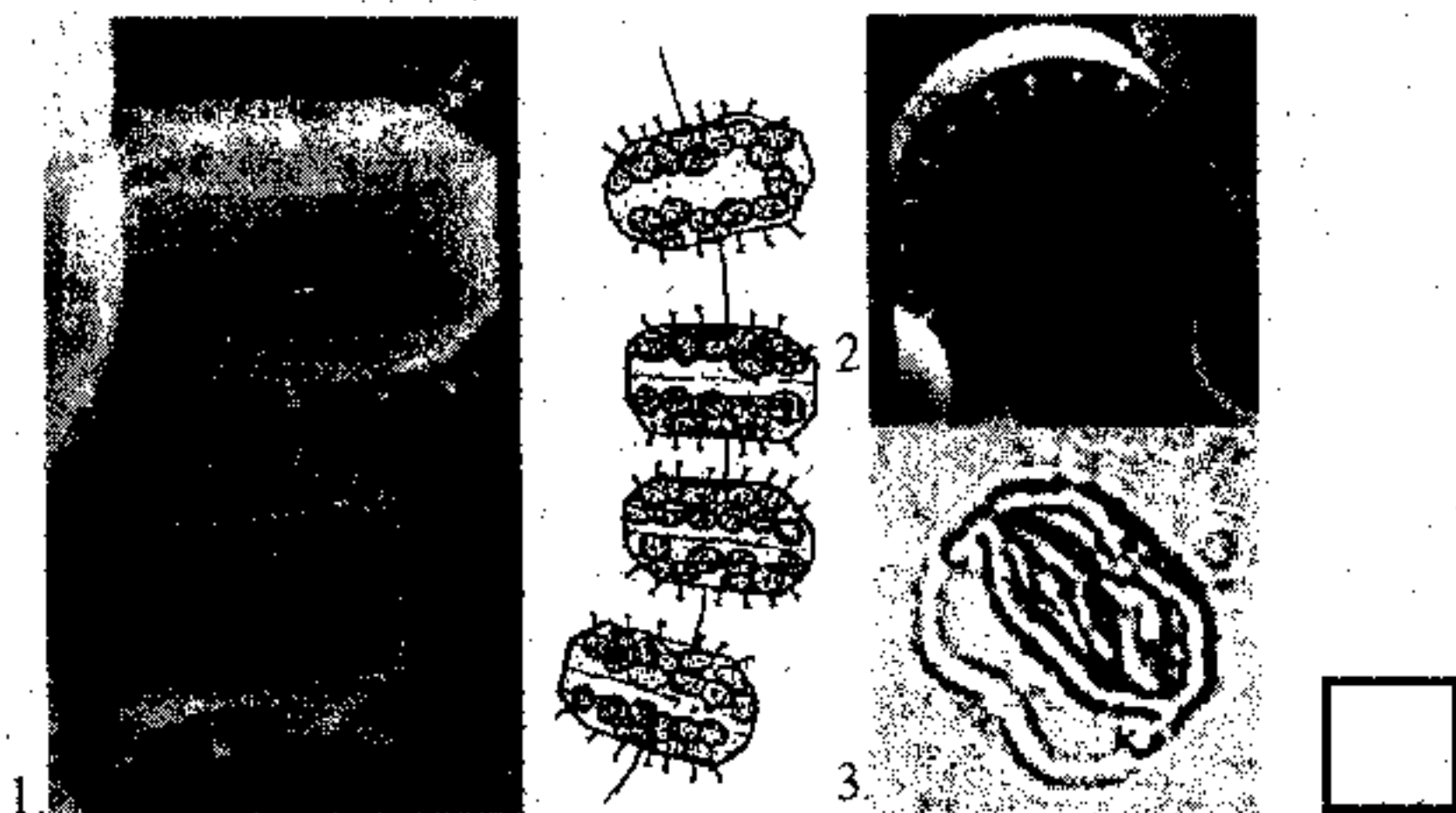
Клетки цилиндрические или линзовидные, 3-18 мкм шириной и 8-25 мкм высотой, в длинных прямых цепочковидных колониях. Створки круглые, выпуклые, с кольцом длинных выростов по краю, при помощи которых смежные клетки соединяются в колонию. Хлоропласты пластинчатые, прилегают к створке.

Вид распространен повсеместно в Мировом океане вблизи берегов. Является надежным показателем степени загрязнения морской воды.

У восточных берегов Камчатки обитает круглый год, наиболее многочислен летом и в начале осени. В Авачинской губе наблюдается круглый год, участвует в "цветении воды" летом и осенью, в частности, в образовании "красных приливов" в июле-августе совместно с видами динофлагеллят рода *Alexandrium*.

Талассиозира норденшельда

Thalassiosira nordenskiöldii Cl. (Рис 3.)



(1 - клетки в колонии, вид сбоку, 2 - вид клетки сверху, со створки, 3 - спора).

Клетки в виде барабана, со скошенными углами, 12-45 мкм шириной, 10-18 высотой, соединены слизистым тяжем в длинные цепочковидные колонии. Створки выпуклые, круглые, ареолы (отверстия в панцире) в радиальных рядах. Хлоропласты дисковидные, многочисленные, примыкают к створкам.

Широко распространена в прибрежных водах холодных и умеренных морей Северного полушария весной. У берегов дальневосточных морей обильна зимой и весной, нередко вызывает "цветение воды", часто в сочетании с другими видами диатомей.

У берегов восточной Камчатки один из доминирующих видов планктонных водорослей весной. Встречается практически круглый год, но многочисленна с февраля по май. В Беринговом море и Авачинском заливе вызывает "цветение" воды в марте, апреле или начале мая.

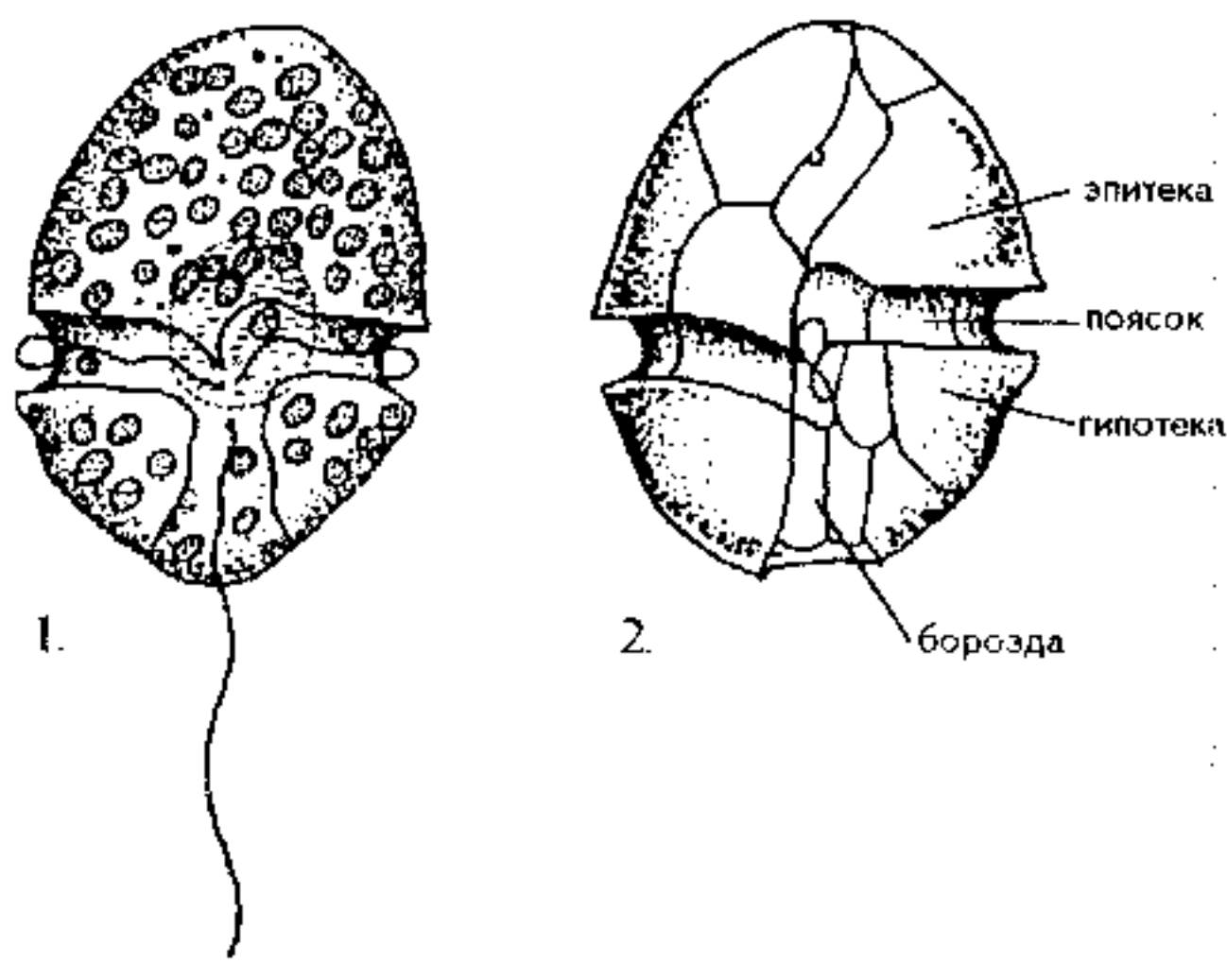
Обособленная и своеобразная группа организмов, которые сочетают в себе признаки, присущие как животным, так и растениям. Часть из них не имеет хлоропластов и питается гетеротрофно, другая сохраняет преимущественно автотрофный или смешанный тип питания. Есть среди них и паразиты. Большая часть перидиней представлена свободноживущими одноклеточными жгутиконосцами. Одни имеют сложно устроенный клеточный покров в виде панциря (теки), другие его не имеют. Особенностью динофлагеллят является наличие на их теле двух бороздок, в которых располагаются два различных по функциям жгутика. Поясок (или поперечная борозда) опоясывает клетку и делит ее на две части: верхнюю - эпитеку и нижнюю - гипотеку (см. рис.4). Продольная борозда располагается на брюшной стороне сверху вниз или на гипотеке, начиная от пояса. Панцирь состоит из различной формы пластинок (табличек, щитков). Размножаются динофлагелляты как половым, так и бесполом путем. В последнем случае делятся пополам в вегетативном состоянии. Большинство перидиней образует временные и покоящиеся споры.

Динофлагелляты - типичные обитатели морей и океанов, подавляющее число видов этих организмов живет в морских водах. Числом видов они нередко превосходят планктонных диатомей, однако часто уступают им в плотности населения. В последние годы их стали называть организмами "красных приливов", потому что настоящие красные приливы, иногда токсичные, часто обязаны массовому развитию динофлагеллят. В дальневосточных морских прибрежных водах России за период с 1968г. по 1991г. обнаружено около 20 видов динофлагеллят, способных продуцировать токсины. Некоторые из них вызывают токсичные "красные приливы" у восточных берегов Камчатки и в Японском море, другие участвуют в "цветении воды" или в обычном планктонном сообществе в качестве токсичного компонента. Ниже приведены изображения и краткие описания видов перидиней, являющихся токсичными и/или вызывающих "красные приливы" в прибрежных водах Камчатки, в том числе в Авачинской губе. Среди них

два вида рода Александриум⁶ (*Alexandrium*=*Protogonyaulax*) - *A. acatenella* и *A. tamarense*, а также один вид рода Гимнодиниум (*Gymnodinium catenatum*) продуцируют опасные для человека и теплокровных животных сильные нервно-паралитические яды (сакситоксин, неосакситоксин, гонеотоксины), известные под названием паралитический яд моллюсков (ПЯМ или PSP). Виды родов Динофизис (*Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. norvegica*) и Пророцентрум (*Prorocentrum minimum*) способны вырабатывать комплекс ядов, названный диарретическим ядом моллюсков (ДЯМ или DSP) и вызывающий расстройства желудочно-кишечного тракта у человека. Виды родов Гимнодиниум (*Gymnodinium veneficum*) и Гиродиниум (*Gyrodinium aureolum*) известны как продуценты ихтиотоксинов, то есть ядов, убивающих рыбу.

⁶ Полные названия видов смотри при их описании

Alexandrium acatenella (Wendon et Kofoed) Balech
 (=Gonyaulax acatenella Wend. et Kof.). (Рис. 4)



(1 - живой организм с брюшной стороны (спереди), 2 - строение панциря спереди).

Клетки одиночные, эллипсоидные или яйцевидные 45-60 мкм длиной, 36-48 мкм шириной. Отношение длины к ширине равно 1,24-1,28. Эпитека выше гипотеки, тупоконечная. Поясок сильно вдавленный, нисходящий⁷, края его смещены на ширину пояска. Гипотека чашевидная, асимметричная. Бороздка широкая и довольно глубокая, располагается на гипотеке. Панцирь тонкий, гладкий, пронизан порами.

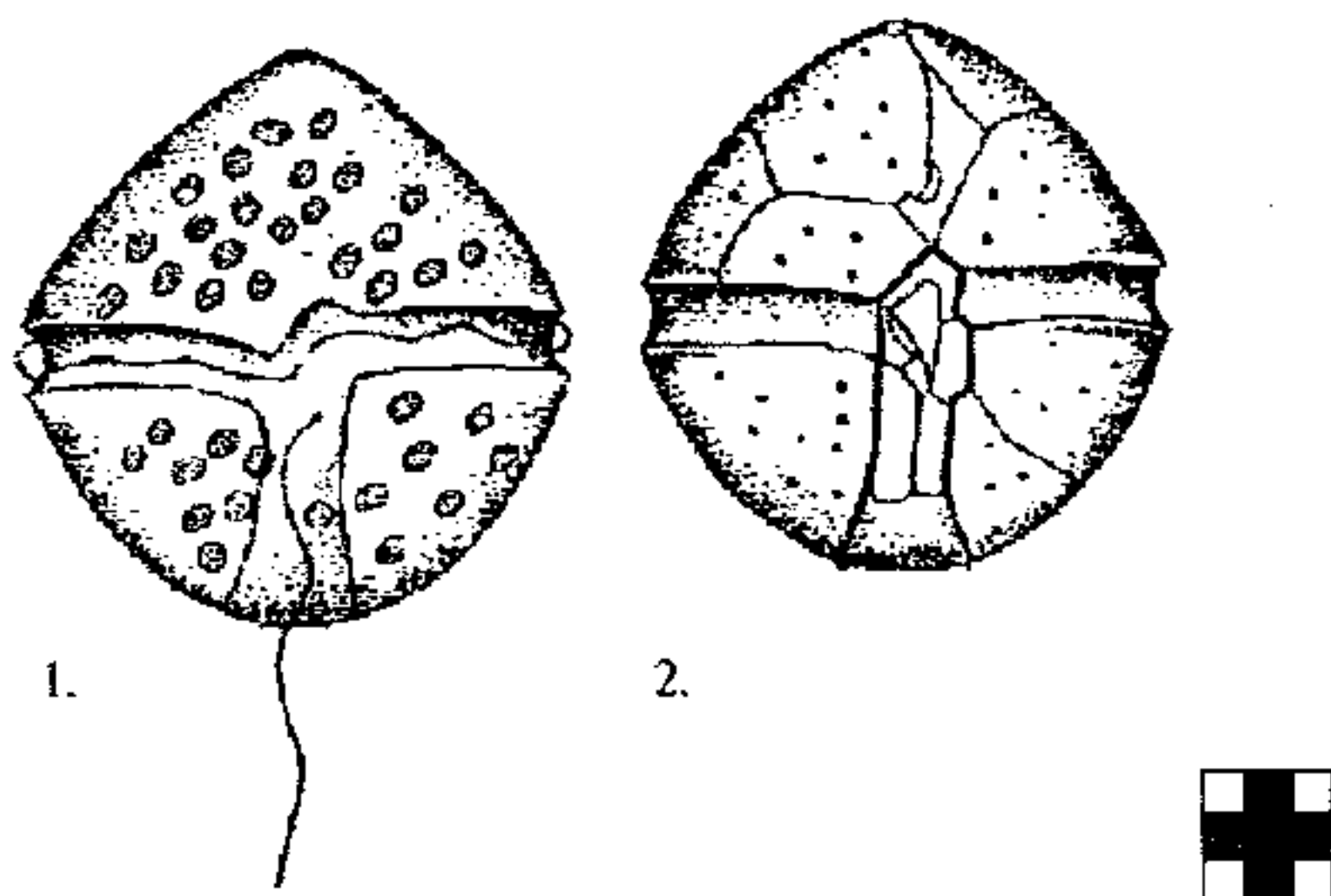
Вид прибрежный, морской. Найден в Северном полушарии у берегов Калифорнии и западного побережья Канады, а также у восточных берегов Камчатки. Участвует в образовании токсичных "красных приливов" в качестве компонента, продуцирующего ПЯМ (PSP), нередко с другими ядовитыми видами этого рода.

В Авачинской губе наблюдается в июле-августе, вызывает токсичное "цветение воды" совместно с *A. tamarense*.

⁷ Влево завитой, левый конец которого с брюшной стороны клетки ближе к верхушке.

Александрium остенфельда

Alexandrium ostenfeldii (Paulsen) Balech et Tangen
(=*Goniodoma ostenfeldii* Pauls.). (Рис. 5)



(1 - живая клетка спереди, 2 - строение панциря с брюшной стороны).

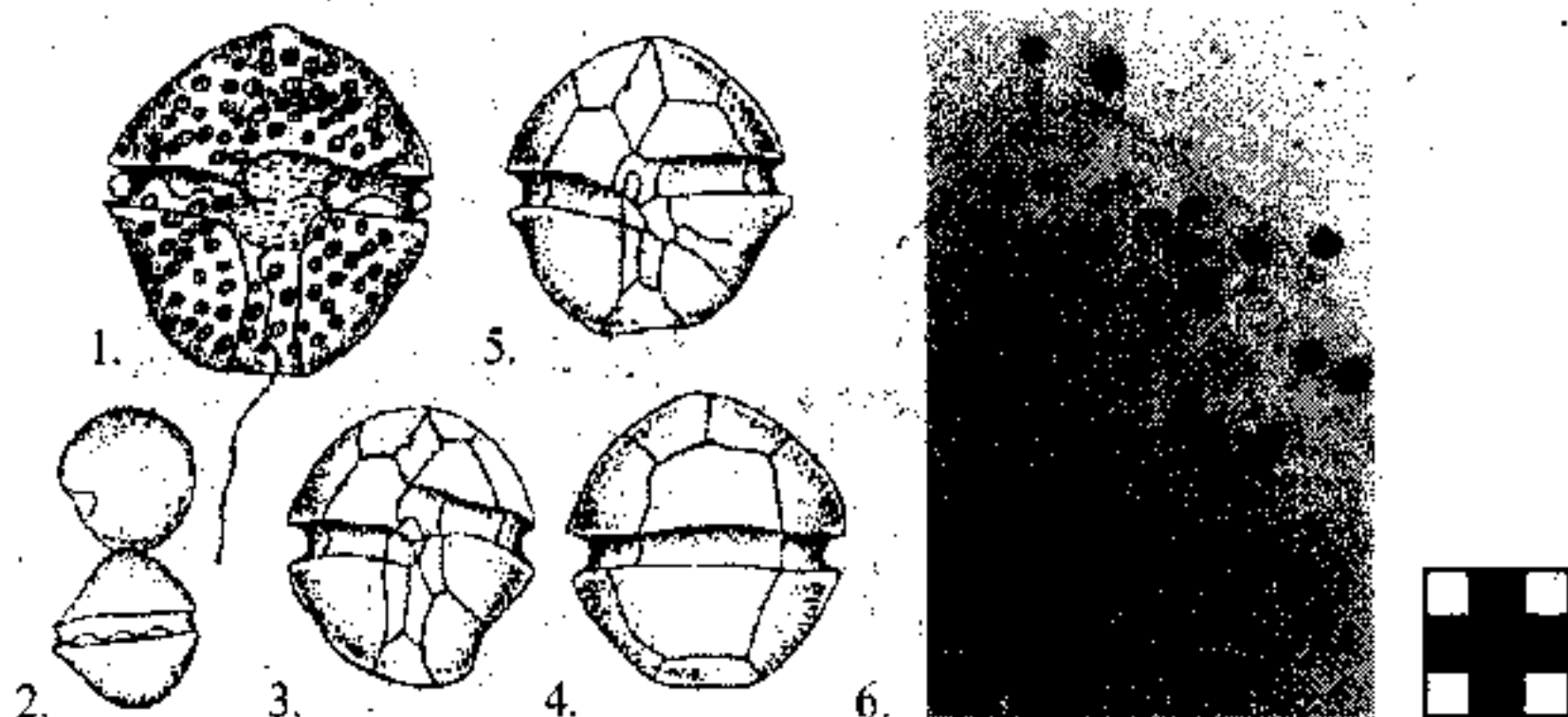
Клетки одиночные, почти шарообразные, 44-54 мкм в диаметре. Эпитека от конической до ширококонической. Поясок экваториальный, мелкий, слабозаметный, края его смещены на ширину пояска. Гипотека полушаровидная. Бороздка мелкая, в 1,5-2 раза шире пояска, располагается на гипотеке. Панцирь тонкий, прозрачный, гладкий с редкими порами. Щитки слабо различимы.

Вид прибрежный, умеренно-холодноводный. Обитает в северной Атлантике у берегов Европы, во всех северных и дальневосточных морях России, а также Черном море. Нередко участвует в образовании токсичных "цветений воды" совместно с *A. tamarense* у берегов северо-западной Европы.

У тихоокеанских берегов Камчатки наблюдается с мая по октябрь. В Авачинской губе высокая концентрация клеток отмечалась в июне 1988г.

Александрium тамарский форма тамарский

Alexandrium tamarense (Lebour) Balech f. *tamarense*
(=*Gonyaulax tamarens* Lebour). (Рис. 6)



(1 - живая клетка спереди, 2 - две клетки в цепочке после деления, 3, 5 - строение панциря спереди, 4 - строение панциря сзади, 6 - концентрация водорослей в воде во время "цветения").

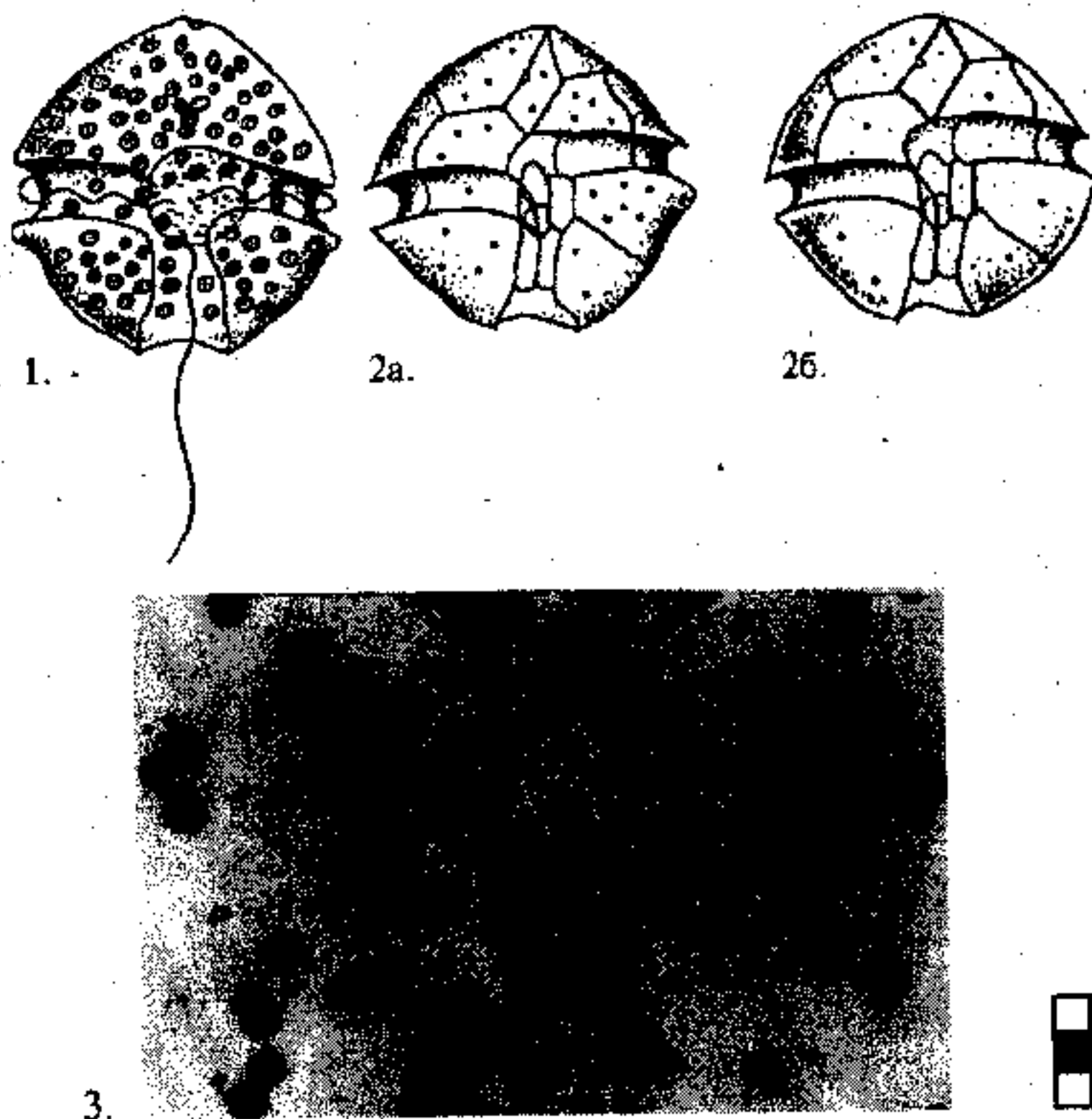
Клетки одиночные или в коротких цепочках из 2-4 клеток, от яйцевидных до широкояйцевидных, 22,5-35,5 мкм длиной, 23,0-37,2 мкм шириной. Длина превышает ширину, отношение длины к ширине - 1,02-1,06. Эпитека равна гипотеке, тупоконическая или полушаровидная. Поясок глубокий, нисходящий, с узкой поясковой каемкой, края смещены на ширину пояска. Гипотека округло-коническая или чашевидная, слегка асимметричная. Тека (панцирь) тонкая, кожистая, пронизана порами, в области гипотеки нередко мелкие шипики. Образует споры.

Широко распространена в прибрежных водах Северного полушария, где начиная с 30-40-х годов вызывает токсичные "красные приливы", приносящие большой экономический и социальный ущерб во многих странах Европы, Америки и Азии.

Случаи опасного коричнево-красного "цветения воды" с образованием сакситоксина, вызванные этим организмом летом (июль, август), известны в Авачинской губе с 70-х годов. Он присутствует в Авачинском заливе круглый год. С апреля-мая по ноябрь - в толще воды, в остальное время - в виде спор на дне. Особенно многочислен в июне-августе.

Александриум тамарский форма вогнутый

Alexandrium tamarense f. *exavata* (Braarud) comb. nov.
(= *A. axcavatum* (Braarud) Balech et Tangen). (Рис. 7)



(1 - живая клетка, 2а, 2б - строение панциря клетки с брюшной стороны, 3 - концентрация водорослей во время "цветения").

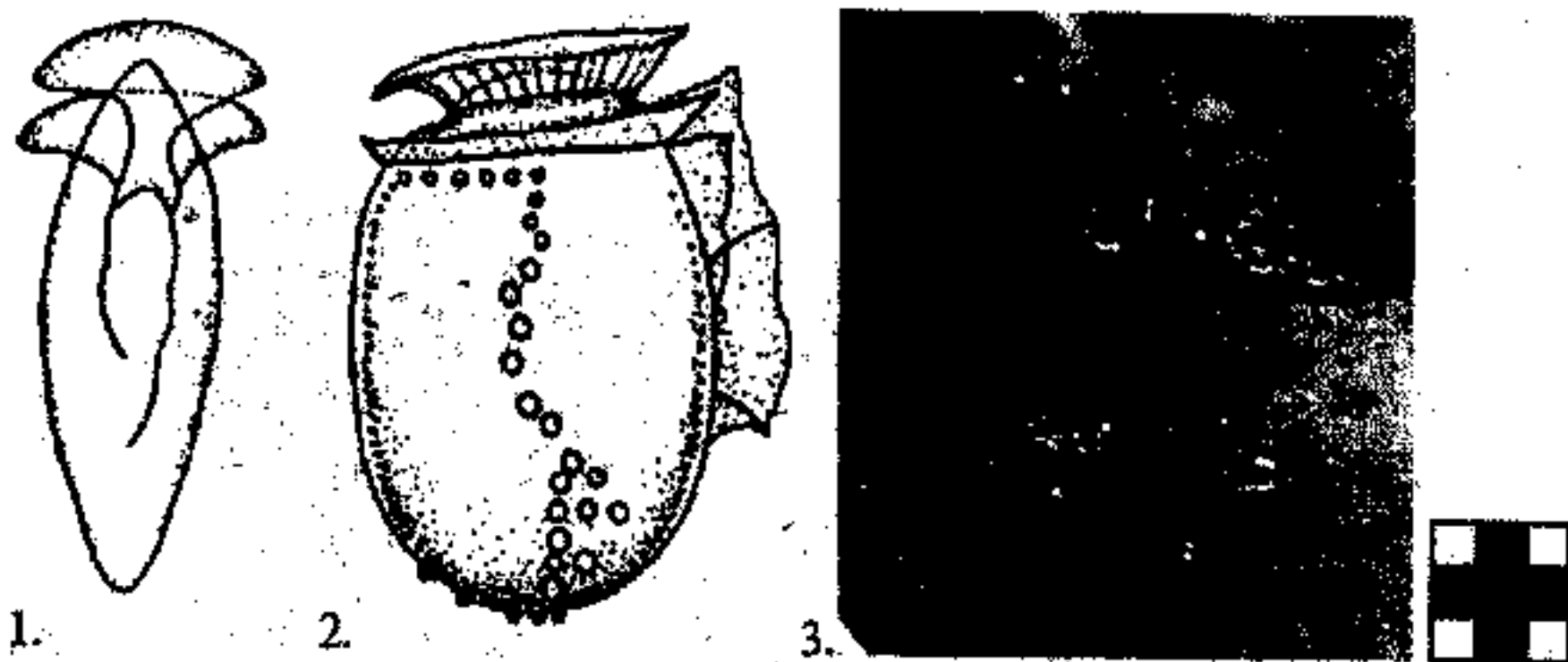
Клетки одиночные, округленно-пятиугольные, 30-43 мкм длиной, 30-45 мкм шириной, обычно длина равна ширине. Эпитека равна гипотеке, округленно-коническая или полусферовидная с заметной верхушкой. Поясок сильно вдавленный, нисходящий, края смещены на ширину пояска. Гипотека чашевидная, асимметричная, со слегка волнистыми боками и вмятиной внизу. Борозда широкая, довольно глубокая, расширяющаяся книзу. Панцирь тонкий, нежнокожистый, пронизан порами. Образует споры.

Обитает у берегов Норвегии, Дании, США, Канады и Аргентины. Вызывает токсичные "красные приливы" с массовой гибелью рыб, птиц, ластоногих и др. и заражением моллюсков ядами, несущими смертельную опасность для человека.

Вызывает ядовитые "красные приливы" у северо-восточных берегов Камчатки летом (июнь-август), которые в последние годы наблюдаются здесь и в начале осени (сентябрь).

"Красные приливы", сопровождающиеся гибелью млекопитающих (моржей, нерпы и др.), птиц, рыбы и даже людей известны в Олюторском заливе, в бухтах Глубокая, Петра, Павла, Анастасии и многих других прибрежных акваториях Берингова моря с середины 40-х годов. В Авачинской губе эта форма менее многочисленна, чем предыдущая. Наблюдается с мая по октябрь с максимальной концентрацией в июне.

Dinophysis acuminata Chap. et Lachm. (Рис. 8)



(1 - вид организма спереди, 2 - вид сбоку, 3 - водоросли во время "цветения" воды).

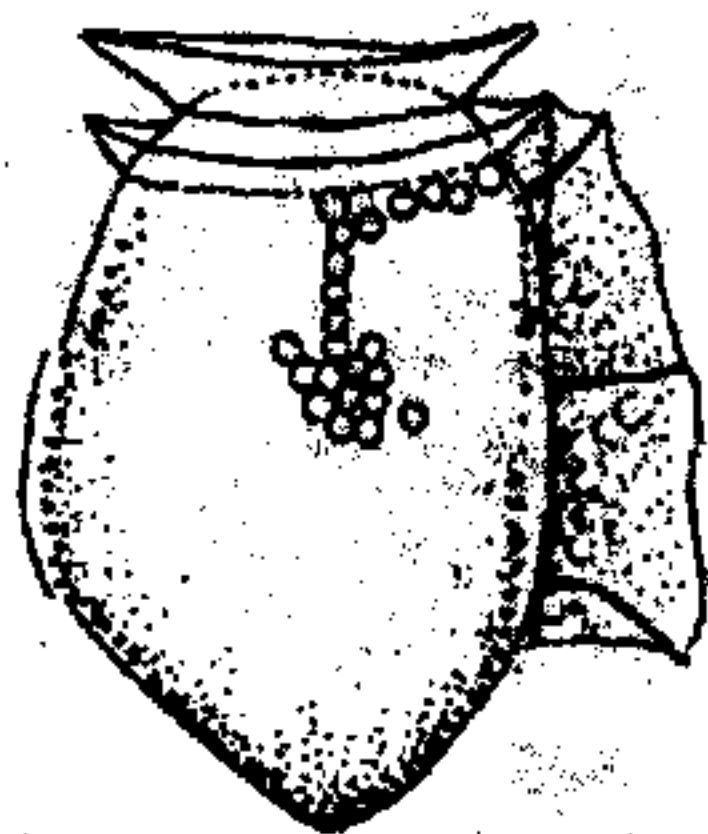
Клетки одиночные, свободно плавающие, 40-68 мкм длиной, 10-16 мкм шириной, 24-42 мкм толщиной, сильно сплюснутые с боков. Сбоку (основное положение клетки) овальные или удлиненно-овальные, весьма изменчивые по форме. Эпитека маленькая, вытуклая; поясок широкий, более глубокий у спинной стороны. Верхнее крыло (перейонка) широкое, образует воронку. Гипотека удлиненно-яйцевидная. Борозда простирается примерно на $1/2$ - $2/3$ длины клетки. Левое (боковое) крыло ее широкое и вытянуто вдоль всей борозды, правое крыло треугольное, втрое меньше левого. Поверхность теки ячеистая.

Широко распространен у берегов морей Северного и Южного полушарий. Нередко образует ядовитые "красные приливы", иногда с другими видами, также продуцирующими диарретические яды, в прибрежных водах Нидерландов, Дании, Ирландии, Англии, Франции, Испании, о-ва Тасмания и др., нанося большой ущерб хозяйствам марикультуры, заражая мидий, гребешков и устриц.

У восточных берегов Камчатки обнаруживается с весны до осени, в Авачинской губе, где наблюдаются две сезонные вспышки численности этого вида: летом (август) и осенью (начало октября), - и зимой.

Динофизис острый

Dinophysis acuta Ehr. (Рис. 9)

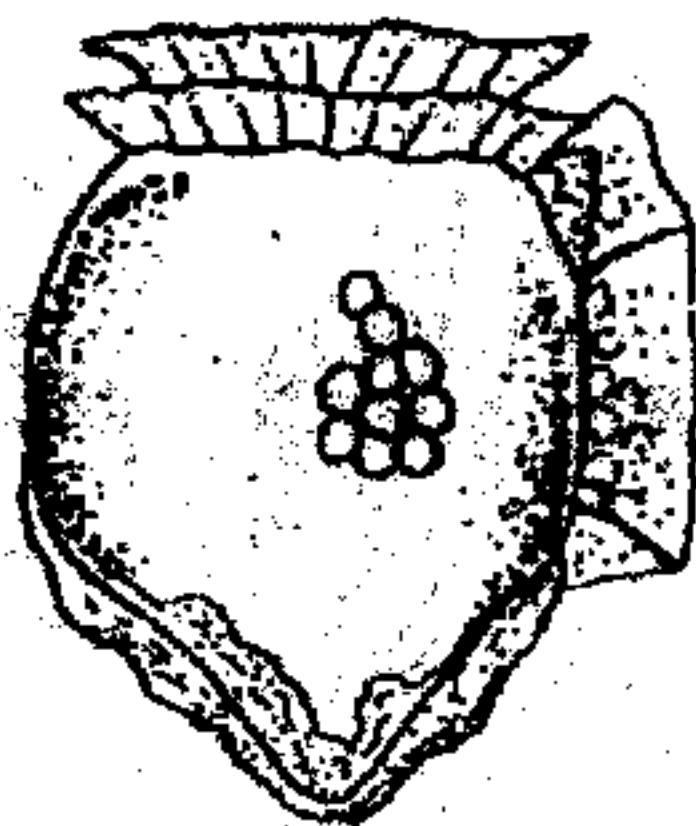


(1,2 - Общий вид организма сбоку с разных сторон).

Клетки одиночные, 53-94 мкм длиной, 24-43 мкм шириной, 36-62 мкм толщиной, сжатые с боков. Сбоку обратнаяцевидные, асимметричные, книзу заостренные. Наибольшая толщина тела на уровне заднего ребра большого (бокового) крыла борозды. Панцирь мелкочаеистый.

Распространен преимущественно в холодных и умеренных водах Мирового океана. Нередко участвует в токсичных "цветениях воды" с другими видами этого рода, продуцирующими ДЯМ, в прибрежных водах Норвегия, Швеции и др.

У берегов восточной Камчатки встречается круглый год, в Авачинской губе многочислен весной и в начале лета.

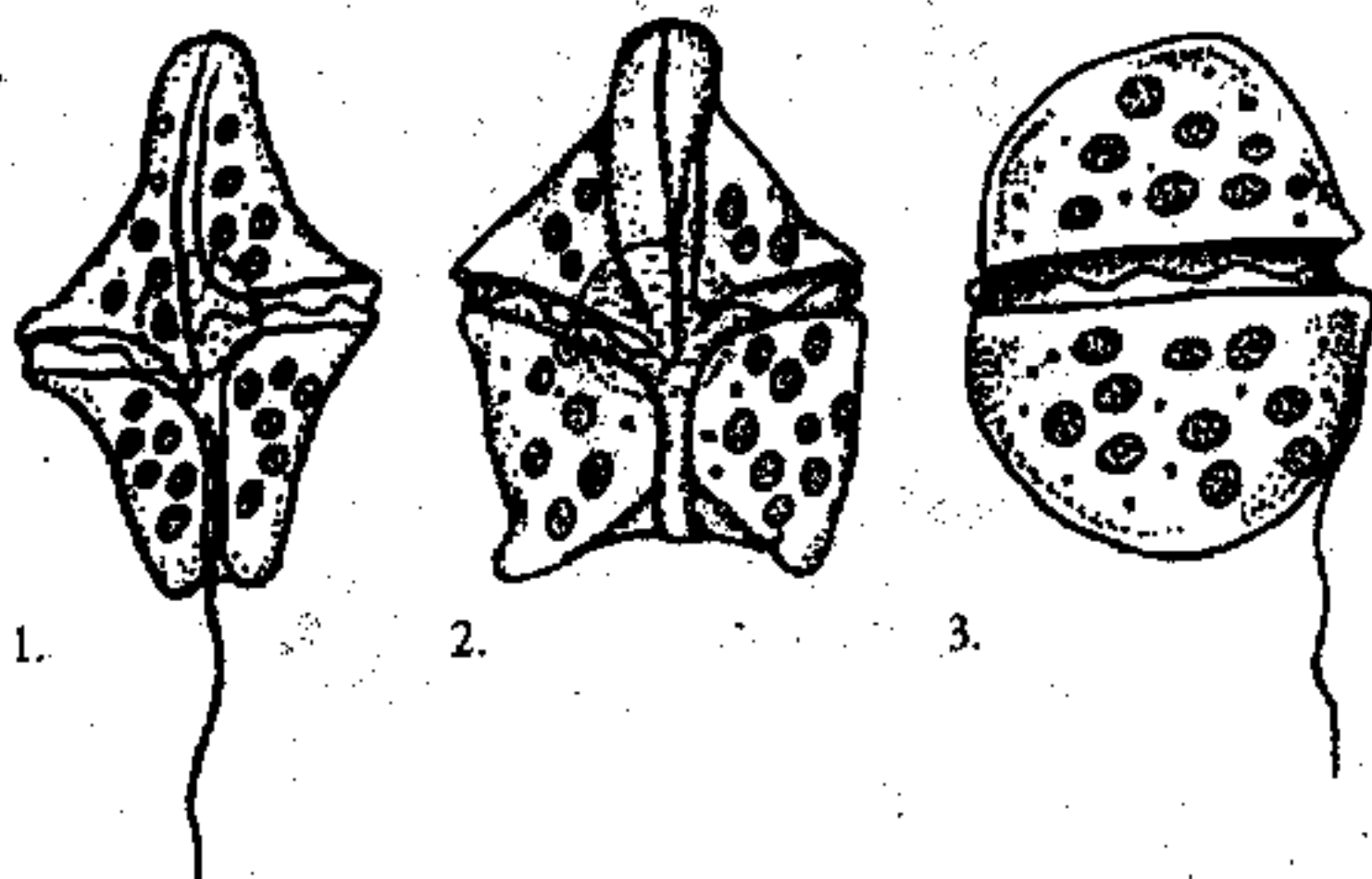


(Вид организма сбоку).

Клетки одиночные, 47-65 мкм длиной, 16-28 мкм шириной, 37-51 мкм толщиной, с боков сжатые, обратнойцевидные, книзу резко суженные. Гипотека со спинной стороны выпуклая, с брюшной - прямая. Наибольшая толщина наблюдается в середине клетки. Тека обычно грубая, крупноячеистая, в нижней части клетки бугорчатая.

Широко распространен в холодных водах морей и океанов у берегов. Связан со вспышками заражения моллюсков диарретическими ядами в прибрежных водах Японии, Норвегии, Швеции, США и других районов при доминировании в планктоне совместно с *D. acuta* и *D. acuminata*.

У восточных берегов Камчатки наблюдается круглый год, обилен летом, наибольшая концентрация клеток наблюдалась в Авачинской губе в конце июня 1988г. при высокой численности двух вышеупомянутых видов динофизисов.

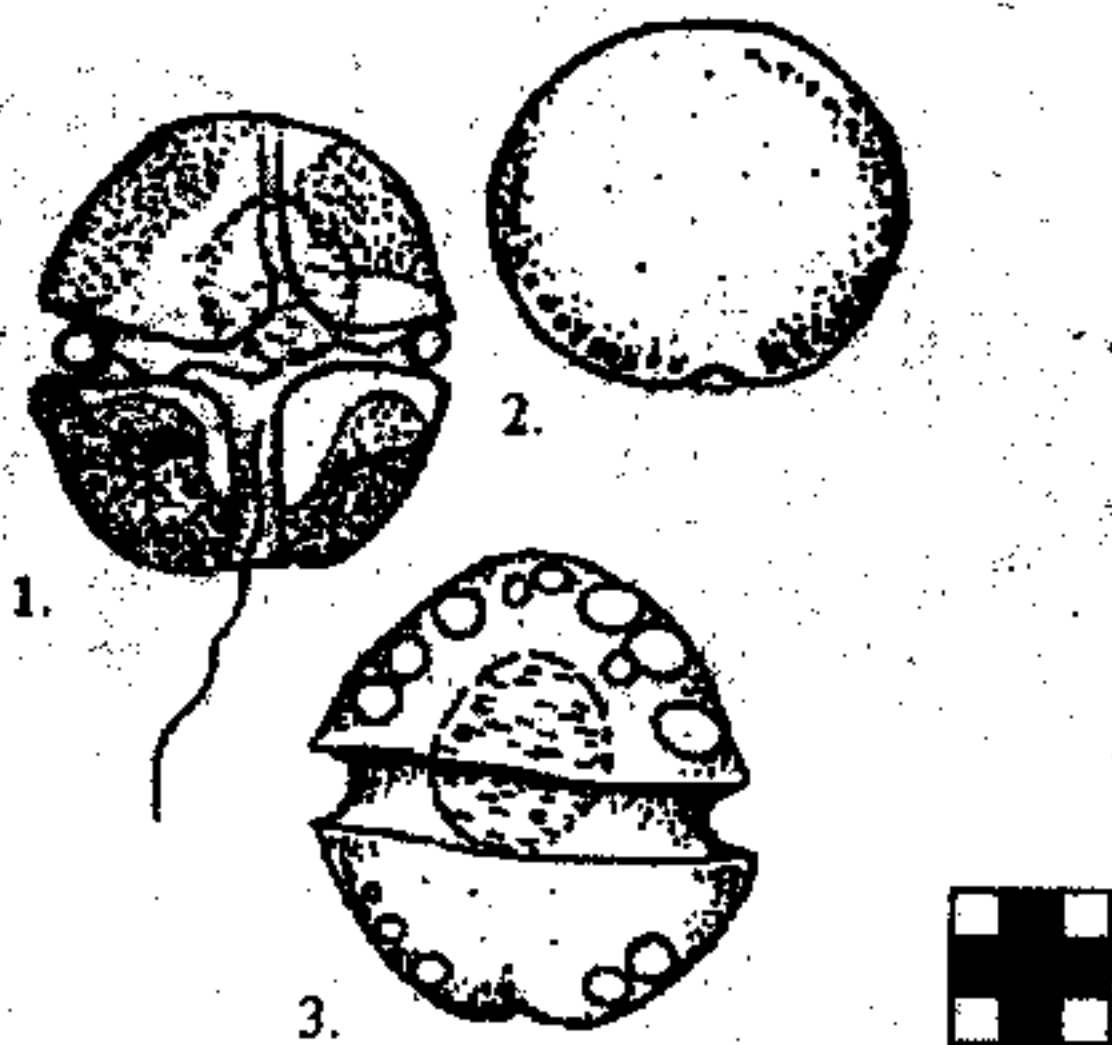


(1, 2 - вид клеток спереди, 3 - вид сбоку).

Клетки в колониях или одиночные, 52-63 мкм длиной, 31-48 мкм шириной, яйцевидные или более узкие, продолговатые, сжатые с боков, сбоку широкоэллипсоидные. Эпитека коническая, с сильно выступающей верхушкой, немного меньше гипотеки. Поясок глубокий, нисходящий, края его смещены примерно на 1/2-2 ширины пояска. Гипотека с прямыми, вогнутыми или выпуклыми боками. Борозда простирается от верхушки донизу. Хлоропласты желто-коричневые, округлые, мелкие, многочисленные. Вид образует покоящиеся споры.

Обитает в прибрежных водах Мексики, Аргентины, Испании, Португалии, южной Австралии, Тасмании и Японии, а также в Калифорнийском заливе, где образует токсичные "красные приливы" или участвует в их образовании в качестве компонента, продуцирующего нервно-паралитические яды (ПЯМ), наряду с видами рода *Alexandrium*.

Обнаружен у тихоокеанских берегов Камчатки. В Авачинской губе наблюдается с мая по октябрь-ноябрь, наиболее многочислен в конце июня.



(1 - вид клетки спереди, 2 - вид сверху, 3 - вид сзади).

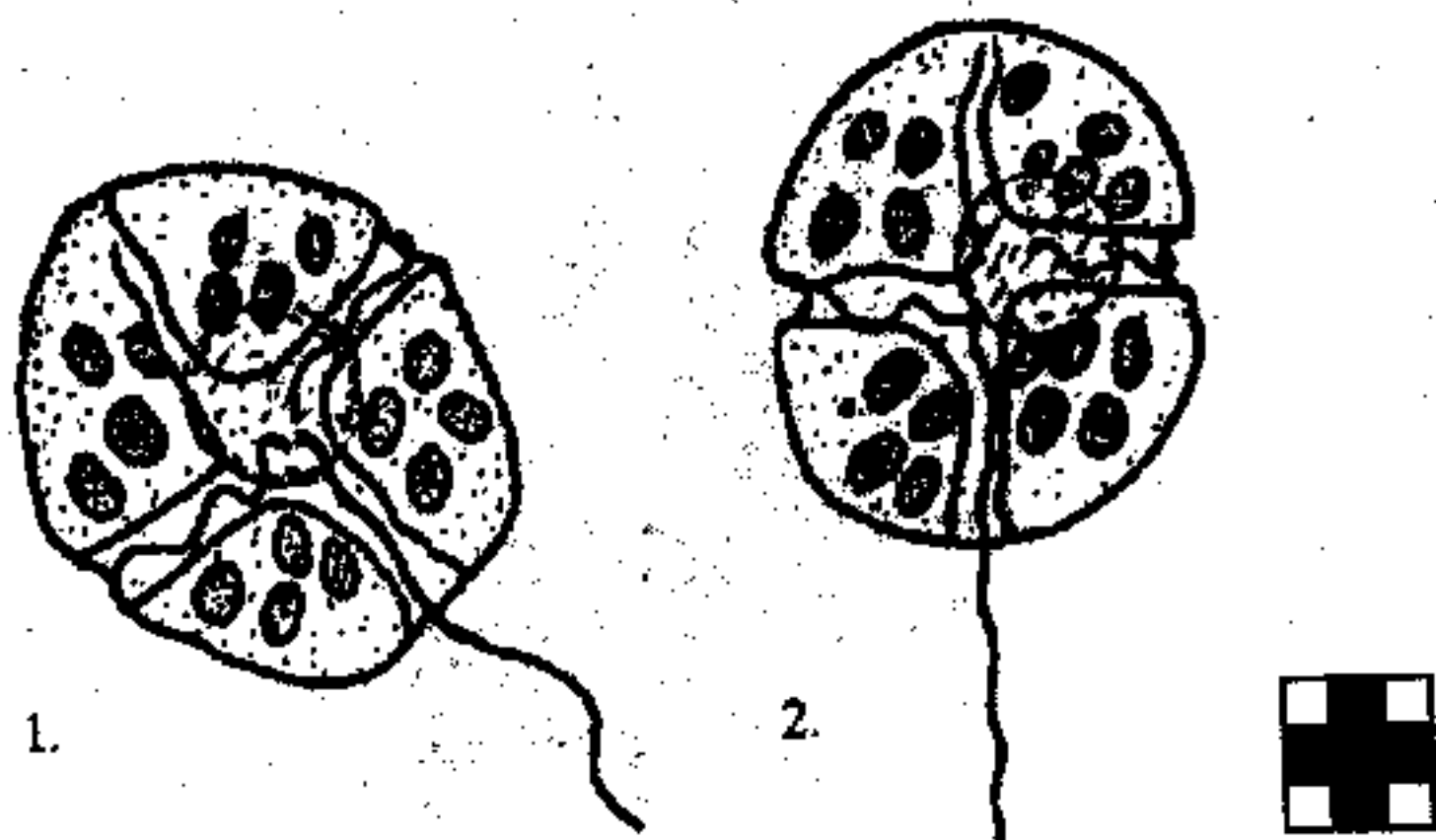
Клетки мелкие, одиночные, 11-14 мкм длиной, 10-11 мкм шириной, яйцевидные или эллипсоидные. Эпитека ширококоническая или полушаровидная. Поясок довольно широкий и глубокий, нисходящий. Гипотека чашеобразная, с небольшой вмятиной в нижней части клетки. Борозда мелкая, доходит почти до верхушки, книзу расширяется. Хлоропласты пластинчатые, немногочисленные, довольно крупные.

Вид обитает в прибрежных водах северной Атлантики, у берегов Англии и у тихоокеанских берегов Японии. Продуцирует иктиотоксины, участвует в образовании "красных приливов".

Найден в Авачинской губе, где обнаруживается с мая по октябрь. Наиболее многочислен в мае-июне.

Гиродиниум золотисто-желтый

Gyrodinium cf. aureolum Halbert. (Рис. 13)



(1, 2 - вид двух клеток разного вида спереди).

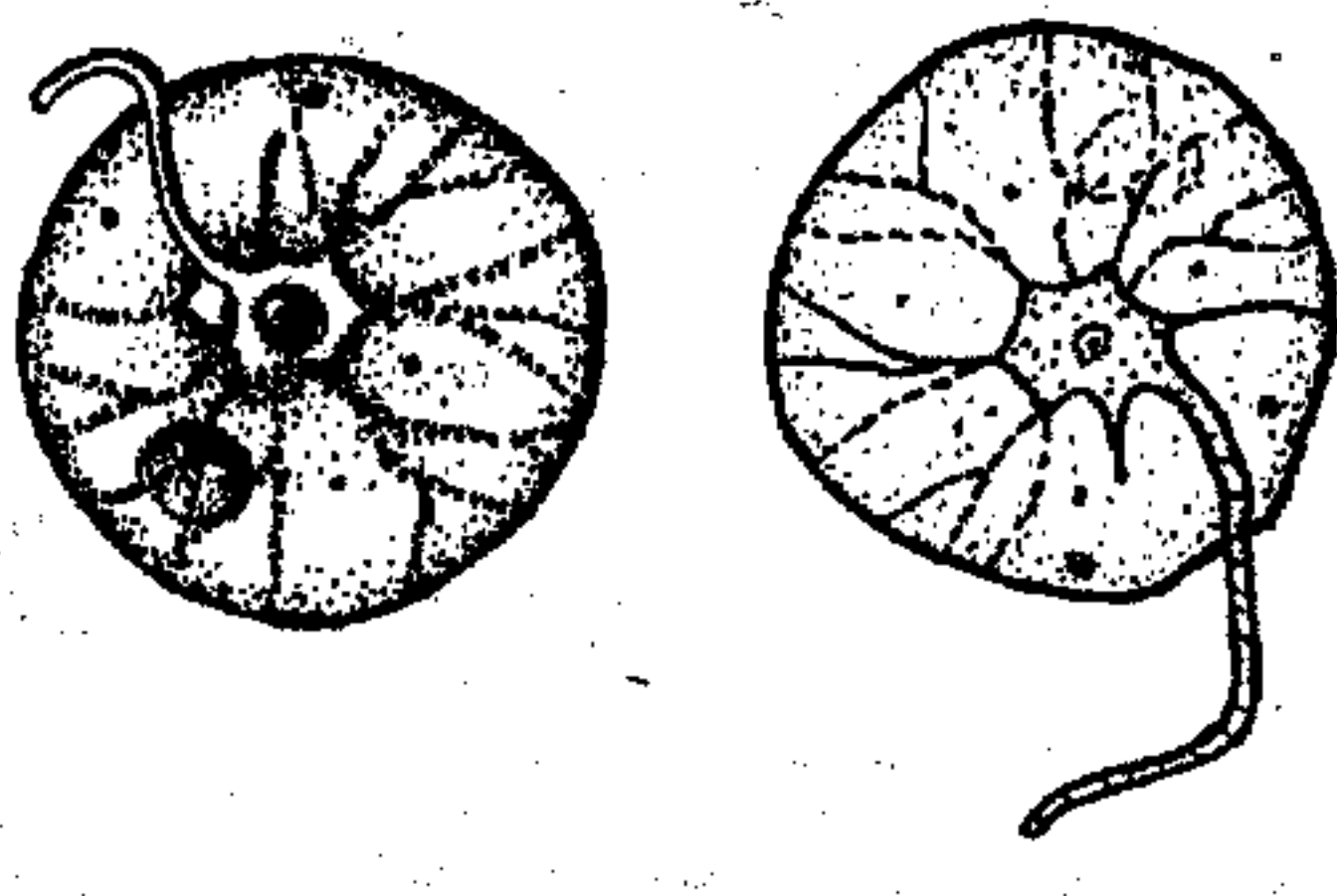
Клетки 23-38 мкм длиной, 20-36 мкм шириной, от яйцевидных до широкоовальных, немного сжатые с брюшной стороны. Эпитека равна гипотеке, полушаровидная или ширококоническая. Поясок относительно широкий, умеренно глубокий, нисходящий, края его смещены на $1/7-1/5$ длины клетки. Гипотека чашевидная. Борозда начинается вблизи верхушки и, расширяясь, простирается донизу. Хлоропласты относительно крупные, эллиптические, желто-коричневые, многочисленные.

Вид широко распространен в умеренных водах северного полушария. Найден также у берегов Австралии. С середины 60-х годов вызывает обширные губительные "красные приливы" в северной Атлантике, в особенности у берегов северо-западной Европы и Скандинавии. Является настоящим бичом хозяйств марикультуры в этих районах, приводя к массовой гибели рыбы и других животных. Вредоносное воздействие в большинстве случаев связано с вторичным эффектом "цветения воды", например, дефицитом кислорода.

Обнаружен у восточных берегов Камчатки. В Авачинской губе довольно часто встречается летом (июль-август).

Ночесветка

Noctiluca scintillans (Macart.) Ehr. (= *N. miliaris* Suriray).
(Рис. 14)



(Вид организмов сверху).

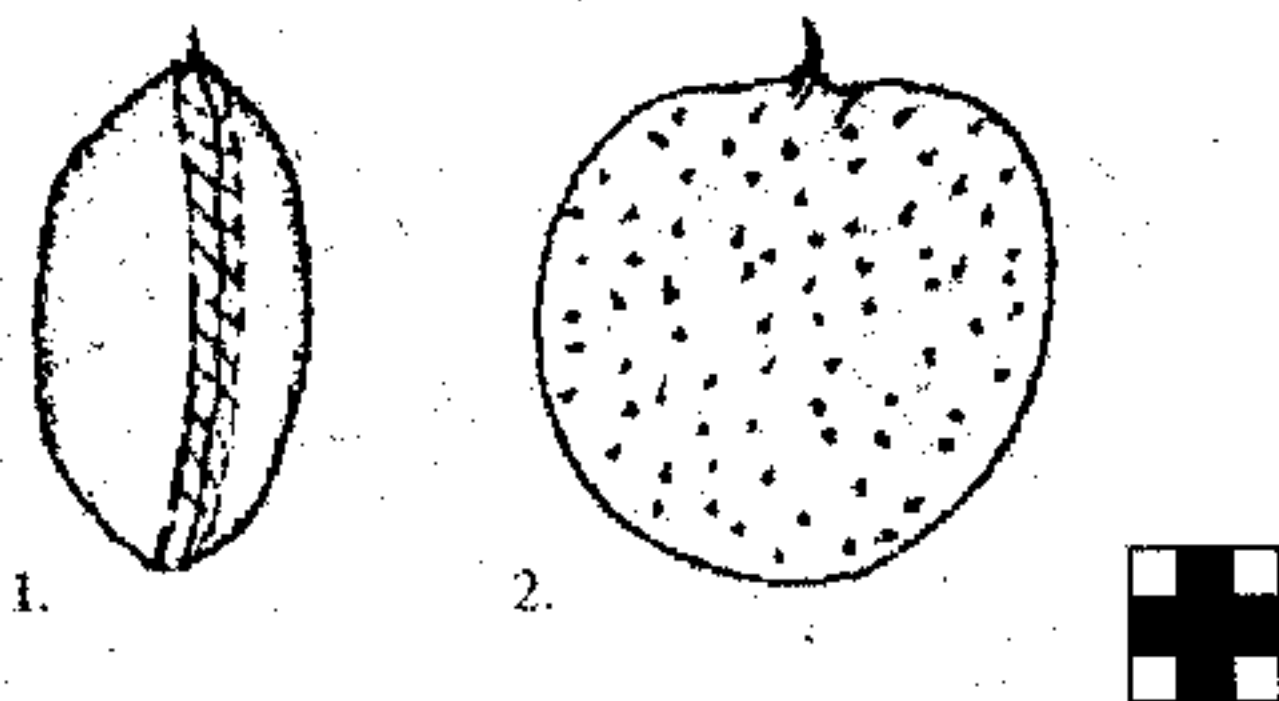
Клетки очень крупные, 600-1800 мкм в диаметре, шарообразные.

Поясок отсутствует. Бороздка в виде небольшого углубления, на дне которого располагается ротовое отверстие. Вблизи него отходит толстое длинное щупальце. Оболочка тонкая, прозрачная, ядро в центре, хлоропласты отсутствуют. Питается заглатыванием мелких животных и растений, живущих в толще воды. Размножается бесполым и половым путем.

В Мировом океане распространена повсеместно, образует "красные приливы" у берегов (часто совместно с токсичными видами динофлагеллят), особенно многочисленные в юго-восточной Азии. В прибрежных водах дальневосточных морей и прилегающих акваториях Тихого океана наблюдается круглый год, весной и летом наиболее обильна. В зал. Петра Великого, у берегов Курильских островов и юго-восточной Камчатки нередко образует "красные приливы".

Пророцентрум мелкий

Prorocentrum minimum (Pav.) Schill.
(= *Exuviaella minima* Pav.). (Рис. 15)



(1 - вид клетки спереди, 2 - вид сбоку).

Клетки мелкие, одиночные, 13-20 мкм длиной, 9-13 мкм шириной, сжатые с боков, панцирь состоит из двух створок (скорлупок). Сбоку овальные или сердцевидные. На переднем конце небольшой, но отчетливо видимый вырост (шипик). Тека покрыта мельчайшими шипиками. От двух близких (нетоксичных) видов (*P. cordata* и *P. balticum*) отличается: от первого - наличием шипа, от второго - формой клетки (у *P. balticum* клетка почти округлая, так как слабо сжата с боков) и отчетливо заметным шипиком на переднем конце.

Довольно многочислен в прибрежных водах Северного полушария. Образует токсичные "цветения воды", нередко с видами родов *Alexandrium* и *Dinophysis*, продуцирующими ПЯМ и ДЯМ, у берегов Норвегии, Дании, Испании, Португалии, США и Японии.

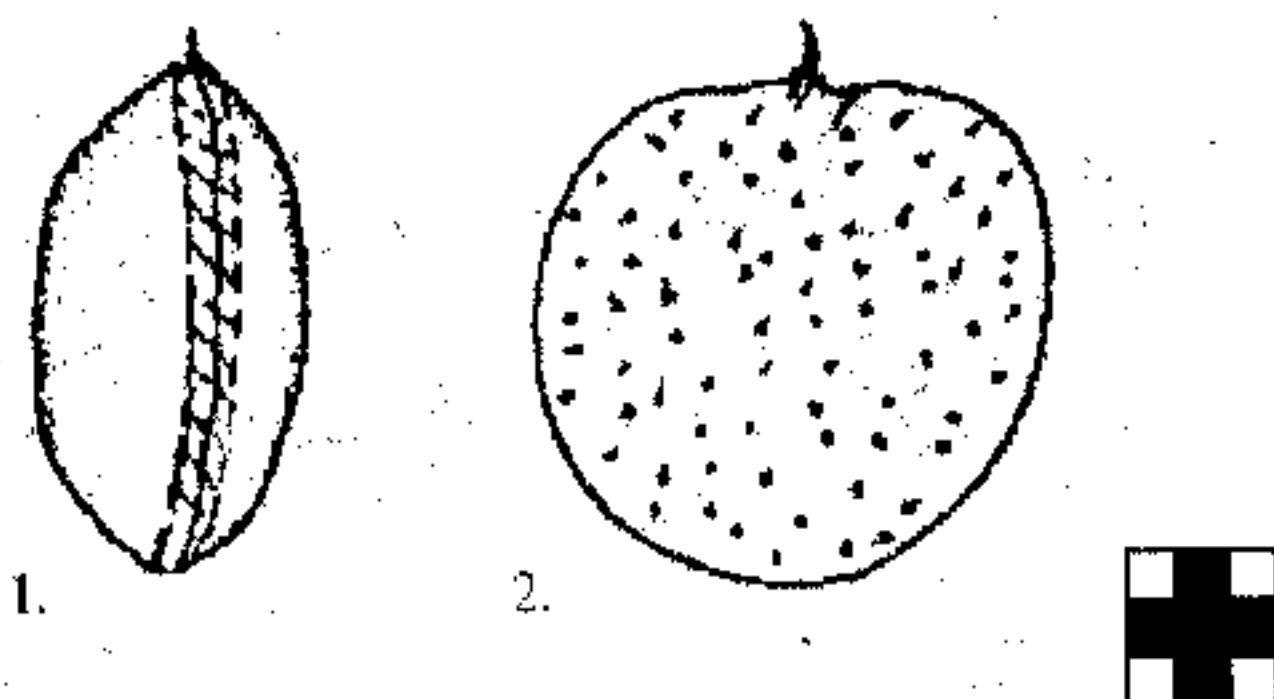
В Авачинской губе встречается повсеместно весной и летом при невысокой численности.

Небольшая, но четко обозначенная группа микроскопических одноклеточных свободноплавающих жгутиковых водорослей, имеющих разнообразную форму в зависимости от положения клетки: от округлой, яйцевидной, грушевидной и бобовидной до цилиндрической и конусовидной. Организмы плавают при помощи двух жгутиков, выходящих из углубления (воронки), которое располагается на переднем конце клетки или ближе к нему. Оболочка относительно тонкая, гладкая. Организмы делятся на окрашенных (в зеленые, желто-зеленые или желто-коричневые цвета) и бесцветных. Окрашенные содержат хлоропласты, которые и определяют цвет клетки. Питание автотрофное, гетеротрофное или смешанное. Размножение осуществляется делением клетки в подвижном состоянии. Причем, образовавшиеся дочерние клетки имеют только по одному жгутику, второй появляется позднее. Образуют покоящиеся стадии и споры, обычно округлой формы.

Рафидофитовые водоросли широко распространены как преимущественно в пресных континентальных водоемах, так и соленых водах морей и океанов. В последние два десятилетия они стали настолько многочисленны в прибрежных водах умеренной зоны Тихого океана (у берегов Канады, США, Японии, Приморья, Камчатки и др.), что вызывают в этих районах "цветение" воды, которое сопровождается массовой гибелью рыбы, особенно в хозяйствах марикультуры.

Пророцентрум мелкий

Prorocentrum minimum (Pav.) Schill.
(=*Exuviaella minima* Pav.). (Рис. 15)



(1 - вид клетки спереди, 2 - вид сбоку).

Клетки мелкие, одиночные, 13-20 мкм длиной, 9-13 мкм шириной, сжатые с боков, панцирь состоит из двух створок (скорлупок). Сбоку овальные или сердцевидные. На переднем конце небольшой, но отчетливо видимый вырост (шипик). Тека покрыта мельчайшими шипиками. От двух близких (нетоксичных) видов (*P. cordata* и *P. balticum*) отличается: от первого - наличием шипа, от второго - формой клетки (у *P. balticum* клетка почти округлая, так как слабо сжата с боков) и отчетливо заметным шипиком на переднем конце.

Довольно многочислен в прибрежных водах Северного полушария. Образует токсичные "цветения воды", нередко с видами родов *Alexandrium* и *Dinophysis*, продуцирующими ПЯМ и ДЯМ, у берегов Норвегии, Дании, Испании, Португалии, США и Японии.

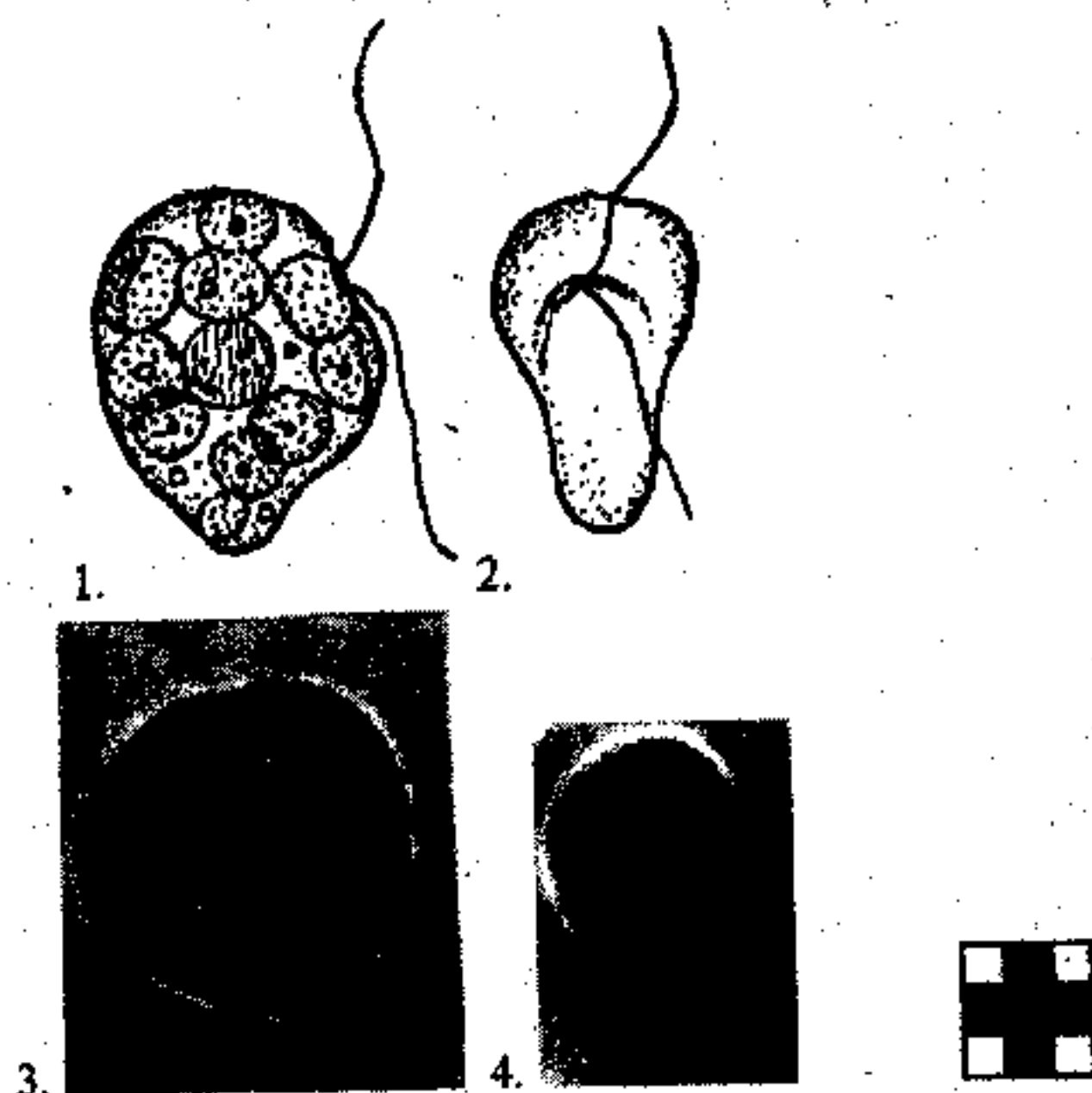
В Авачинской губе встречается повсеместно весной и летом при невысокой численности.

Рафидофитовые водоросли - Raphidophyta

Небольшая, но четко обозначенная группа микроскопических одноклеточных свободноплавающих жгутиковых водорослей, имеющих разнообразную форму в зависимости от положения клетки: от округлой, яйцевидной, грушевидной и бобовидной до цилиндрической и конусовидной. Организмы плавают при помощи двух жгутиков, выходящих из углубления (воронки), которое располагается на переднем конце клетки или ближе к нему. Оболочка относительно тонкая, гладкая. Организмы делятся на окрашенных (в зеленые, желто-зеленые или желто-коричневые цвета) и бесцветных. Окрашенные содержат хлоропласты, которые и определяют цвет клетки. Питание автотрофное, гетеротрофное или смешанное. Размножение осуществляется делением клетки в подвижном состоянии. Причем, образовавшиеся дочерние клетки имеют только по одному жгутику, второй появляется позднее. Образуют покоящиеся стадии и споры, обычно округлой формы.

Рафидофитовые водоросли широко распространены как преимущественно в пресных континентальных водоемах, так и соленых водах морей и океанов. В последние два десятилетия они стали настолько многочисленны в прибрежных водах умеренной зоны Тихого океана (у берегов Канады, США, Японии, Приморья, Камчатки и др.), что вызывают в этих районах "цветение" воды, которое сопровождается массовой гибелью рыбы, особенно в хозяйствах марикультуры.

Heterosigma akashiwo (Hada) Hada. (Рис. 16)



(1,3 - живая клетка сбоку, 2,4 - клетка спереди)

Клетки одиночные 12-20 мкм длиной, 8-11 мкм шириной, 10-17 мкм толщиной, неравномерно более или менее сжатые с боков. Спереди и сзади грушевидные или ширококлиновидные, сбоку округлые, обратнойцевидные или широкобобовидные. Изогнутая борозда (воронковидное углубление) находится на брюшной стороне, на расстоянии $1/4 - 1/3$ длины тела от передней части клетки. Жгутиков два, выходят из середины борозды, разной длины: более длинный и хорошо заметный двигательный жгутик направлен вперед, второй жгутик, рулевой, направлен назад, слабо заметен и остается почти неподвижным при движении клетки. Во время движения организм вращается вокруг продольной оси, изредка переворачиваясь, как бы кувыркаясь. Хлоропластов от 9 до 22, дисковидных, золотисто-коричневых или золотисто-желтых, пристенных. Ядро округлое, располагается в центре клетки.

Вид широко распространен в прибрежной зоне морей и океанов Северного полушария. Обилен у берегов Северной Америки (Канады, США), Европы, островов Японии (особенно во Внутреннем Японском море), в заливе Петра Великого и т.д., где вызывает "красные приливы", нередко сопровождающиеся гибелью рыбы, а также у восточных берегов Камчатки.

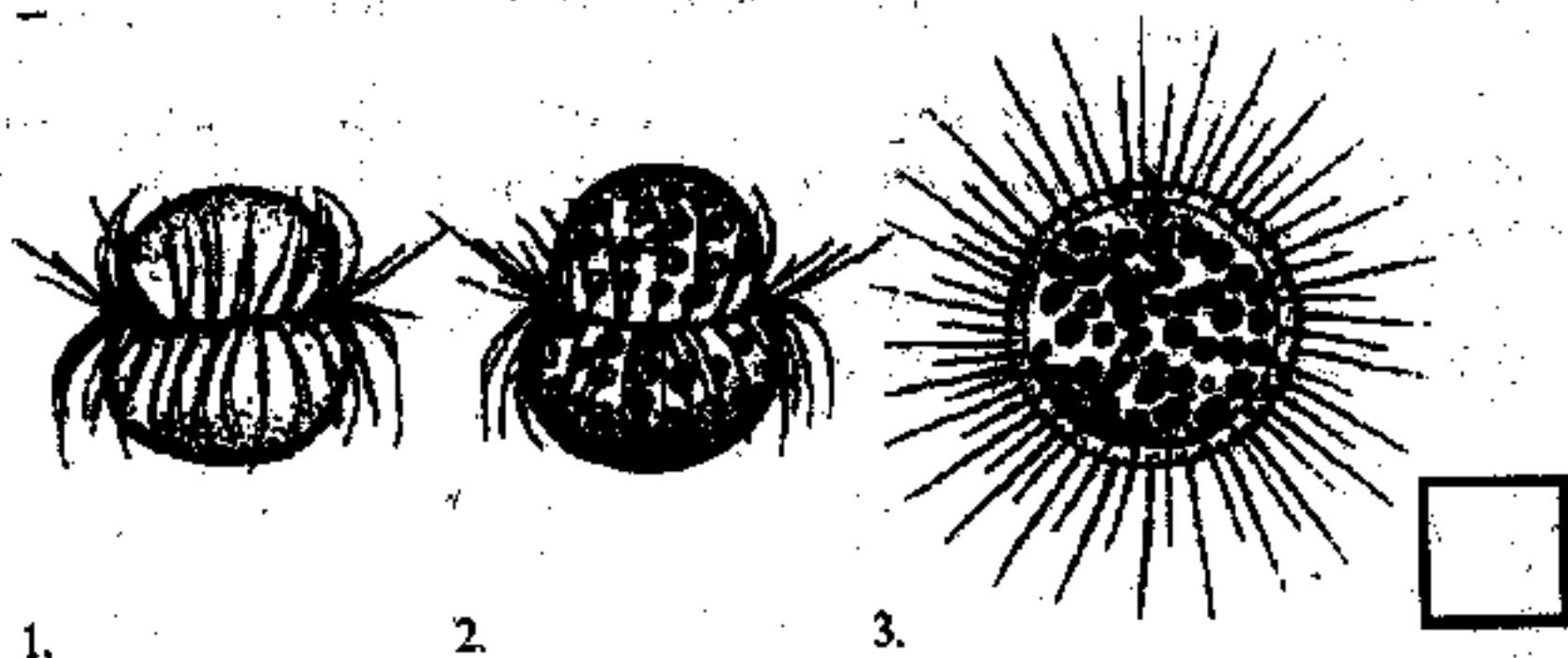
Этот организм известен как убийца рыбы, вследствие выделяемого им токсина - фотиевой кислоты, которая воздействуя на жабры, вызывает гибель рыбы от удушья. Хотя, вероятно, здесь имеет место и вторичное воздействие "красных приливов" на животных. Особенно страдают хозяйства по культивированию рыбы. Так, в начале сентября 1992г. у берегов о. Ванкувер (Канада), стремительно распространившееся "цветение" воды оранжевого и оранжево-коричневого цвета, вызванное этим организмом, погубило за одну неделю сотни тысяч лососей в 60 садках. В результате гибели 250000 кг чавычи фермерские хозяйства понесли убыток в 1,3 млн. долларов (газета Солнце Ванкувера (Vancouver Sun) от 15 сентября 1992г.).

У тихоокеанских берегов Камчатки в заливах Авачинском и Кроноцком наблюдается весной, в начале лета и осенью. В Авачинской губе наиболее обилен в апреле-мае при температуре воды от 0 до 1-3°C. "Цветение" его может быть опасно в полужакрытых бухтах для идущего на нерест лосося.

Инфузории относятся к простейшим одноклеточным животным, органами движения которых служат реснички, присутствующие обычно в большом количестве. Ресничные обладают большой скоростью размножения и широко распространены в пресных и соленых водах Земного шара от Арктики до Антарктики.

Мезодиннум красный

Mesodinium rubrum (Lohm.) Hamburger et Buddenbrock.
(Рис. 17)



(1, 2 - общий вид живой клетки спереди, 3 - вид сверху).

Одноклеточный организм сложного морфологическо-функционального строения, осуществляющий функции как животного, так и растения. По существу, это "фотосинтезирующее" животное представляет собой симбиоз (сожительство) инфузории с одноклеточными криптомонадовыми водорослями, что и определяет широкий диапазон способов питания этого организма.

Тело от шарообразного до эллипсоидного, 26-45 мкм длиной, 17-30 мкм шириной, посередине или ближе к верхушке опоясано 1-3 рядами ресничек и мембранелл (сросшихся ресничек). Внутренность густо заполнена хлоропластоподобными клет-

ками-симбионтами, сожительствующими с инфузорией. Красный пигмент криптоноид - каротин - и определяет цвет мезодиниума, т.е. самого организма-хозяина. Обладает активным движением.

Широко распространен в морских прибрежных водах северного и южного полушарий. В высокопродуктивных и загрязняемых водах вызывает обширные и локальные нетоксичные "красные приливы".

Обитает в заливах и бухтах восточной Камчатки. В Авачинской губе наблюдается круглый год при высокой плотности популяции, особенно многочислен осенью - в начале зимы и весной. В это время на поверхности воды появляются вишнево-красные пятна и наблюдаются "красные приливы". В последние годы в разных участках бухты они наблюдаются постоянно.

История "красных приливов" у берегов Камчатки

Первые сведения о "красных приливах" у восточных берегов Камчатки получены из сообщения С.П. Лебедева об обширном "цветении воды" в 1945г. в Беринговом море между мысами Олюторский и Наварин, которое, как уже говорилось, имело трагические последствия. Описанные симптомы болезни людей, употреблявших в пищу моллюсков в этом районе, в точности соответствовали симптомам при отравлении сакситоксином, который накапливается мидиями в процессе питания ядовитым планктоном. Позднее нами было установлено, что токсичные "красные приливы" в этом районе вызываются сакситоксин-продуцирующим видом динофлагеллят *Alexandrium tamarense* f. *excavata* (Коновалова, 19926). В 50-60-х годах при исследовании сезонного распределения планктона в дальневосточных морях "красные приливы" неоднократно отмечались также в период закономерного весеннего "цветения диатомей" в Беринговом, Охотском и Японском морях. По рассказам моряков, свечение моря, сопровождающее "цветение" воды, летними ночами неоднократно наблюдалось у берегов восточной Камчатки. В середине августа 1973г. токсичный "красный прилив" в Авачинской губе имел трагические последствия, аналогичные описанным С.П. Лебедевым. Он также сопро-

вождался сильным свечением моря ночью. Симптомы тяжелого отравления людей мидиями, собранными в это время, были также очень похожи на отравление сакситоксином. Анализы дали результаты, подтверждающие действие этого сильнейшего из ядов (Куренков, 1973). В пробах воды удалось обнаружить только относительно небольшое количество ночесветки, которая и была признана причиной токсичного "красного прилива". На самом деле в роли токсичного компонента здесь, несомненно, выступала продуцирующая сакситоксин динофлагеллята *A. tamarense* (обе формы), обычная в фитоценозе Авачинской губы и не обнаруженная вследствие несовершенства применяемых в то время методов исследования. Наличие сакситоксина в мидиях из Авачинской губы было подтверждено в начале 80-х годов сотрудниками Камчатского отдела Института биологии моря ДВНЦ АН СССР под руководством В.В.Совы.

Начиная с 1983г. вспышки развития фитопланктона, достигающие силы "цветения" и "красные приливы", отмечались в прибрежных водах Охотского и Берингова морей, а также у тихоокеанского побережья Камчатки. Причем у восточных берегов Камчатки участились случаи "красных приливов", вызванных динофлагеллятами и "фотосинтезирующей" инфузорией Мезодиниум красный. В 1983, 1984 гг. было отмечено несколько "красных приливов", вызванных этой инфузорией. Они наблюдались в гиперэвтрофных бухтах Авачинской губы в сентябре-октябре и ноябре-декабре. Вода и снег у берегов были окрашены в красный или буровато-вишневый цвет. С 1984 г. по 1987г. летом у восточных берегов Камчатки было зарегистрировано несколько "красных приливов", вызванных токсичными видами динофлагеллят рода Александриум. Так, в июле-августе 1984г. при температуре воды у поверхности 14-15°C и нарастающей токсичности моллюсков (мидий) наблюдалось покраснение воды в Авачинской губе. Анализ показал высокую биомассу *A. tamarense* f. *tamarense* и *A. acatenella* (до 8 г/м³), при доминировании диатомеи *S. costatum*, которая, как известно, при обильном развитии стимулирует рост большинства видов жгутиковых водорослей. Сильный "красный прилив", вызванный *A. tamarense* f. *excavata*, наблюдался в Олюторском заливе Берингова моря у берегов в июле 1986г. и сопровождался гибелью животных (ластоногих, рыб, птиц). Кратковременное, но интенсивное "цветение" *A. tamarense* f. *tamarense* было отмечено в центральной части Авачинской губы в июле 1987г.

Со второй половины 80-х годов "цветение воды" в обширном регионе дальневосточных морей и прилегающих акваторий Тихого океана приобретает новый как количественный, так и качественный характер. Оно становится более интенсивным и устойчивым, появляются "красные приливы", вызванные видами не только редкими, но и новыми для дальневосточных морей. Увеличивается число токсичных видов динофлагеллят, часть из которых становятся массовыми и вызывают вредоносные "цветения воды". Так, обширные "красные приливы", вызванные *A. tamarense* f. *excavata*, начиная с середины или конца июля 1986, 1988, 1990 гг. охватывали все северо-западное побережье Берингова моря, включая северо-восточную Камчатку, особенно интенсивные у пос. Апука в Олюторском заливе и далее на север в бухтах Амаян, Глубокая, Наталии, Петра, в эстуариях рек, впадающих в бухты Анастасия, Дежнева и др. (см. карту, рис.18)

В сентябре 1990г. сотрудником Камчатского отдела экологии и природопользования ТИГ (ныне института) Н.Г.Клочковой с вертолета были отмечены пятна и полосы вдоль всего восточного побережья Камчатки от зал. Корфа до южной оконечности полуострова. Особенно интенсивными они были у поселка Тилички (залив Корфа), в Кроноцком и Авачинском заливах (Авачинская губа) и у м. Лопатка. В мае 1991г. после сильного шторма наблюдался прилив горчично-желтого цвета в значительной части прибрежно-прибойной полосы Авачинского залива, вызванный интенсивным весенним "цветением" диатомовых водорослей (с примесью зеленых) в апреле-мае и сконцентрированных у берегов нагонными ветрами.

Планктонный мониторинг в Авачинской губе с 1987г. по 1990г., а также отдельные наблюдения в Авачинском и Кроноцком заливах показали неутешительную картину. "Красные приливы", вызванные Мезодиниумом красным, случавшиеся ранее в Авачинской губе изредка, теперь обнаруживаются в различных участках ее практически круглый год с небольшим промежутком в начале лета. Из Авачинской губы, как из эпицентра, красные полосы расползаются к югу или северу полуострова в зависимости от направления течений и ветров. Здесь найдено 12 видов и форм токсичных и потенциально токсичных динофлагеллят, четыре из которых вызывают "красные приливы" у восточных берегов Камчатки, остальные присутствуют в качестве потенциально токсичного компонента в планктонном сообществе и могут вызвать

Распространение "красных приливов" у берегов восточной Камчатки.
(Рис. 18)



токсичный эффект при "цветении" нетоксичных организмов. Среди них несколько новых для данного региона видов (*Gyrodinium aureolum*, *Gymnodinium catenatum*, *G. veneficum*), образующих ядовитые "красные приливы" во многих районах Мирового океана, в особенности у берегов Европы и островов Японии. В Авачинской губе впервые для этого региона отмечено доминиро-

вание рафидофитовых и криптомонадовых водорослей, а также потенциально токсичной *Dinophysis acuminata*.

Не останавливаясь на причинах появления каждого конкретного "цветения", отметим лишь общую тенденцию к росту числа случаев "красных приливов" у берегов дальневосточных морей и разнообразия вызывающих их видов водорослей, а также к расширению акваторий, охваченных "красными приливами", и устойчивости последних. Обширные ядовитые "красные приливы" у северо-восточных берегов Камчатки стали приобретать некоторую закономерность, появляясь, как правило, через год, что наводит на мысль о связи этого явления с биологическими циклами. Подавляющее большинство организмов, вызывающих "красные приливы", относится к высокоустойчивым видам, обладающим способностью к образованию покоящихся спор, которые после периода созревания (покоя) дают начало росту этих видов при наступлении благоприятных условий.

Известно, что частота и интенсивность "красных приливов" прямо связаны с антропогенным воздействием на прибрежную зону морей. В противоположность естественному эвтрофированию (нормальному образованию питательных веществ в самом водоеме и притоку их извне), гиперэвтрофирование (избыточное обогащение водоемов органическими и минеральными веществами) ведет к необратимому нарушению биологического равновесия. "Красные приливы" как разновидность сильного незакономерного "цветения воды" представляют собой один из достоверных показателей такого нарушения. Примером сказанному может служить Авачинская губа, в течение более чем двух столетий принимающая неочищенные промышленные и бытовые сточные воды г. Петропавловска-Камчатского, а также смывы удобрений с полей и прочее. Обилие "красных приливов" у берегов восточной Камчатки свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке в регионе. Эвтрофность этой акватории складывается из естественных факторов, к которым относятся высокопродуктивные воды беринговоморского шельфа, и антропогенных. Восточная Камчатка всегда была наиболее населенной частью полуострова. На нее приходится и основная часть сельскохозяйственных, промышленных и обрабатывающих предприятий, а также сток многочисленных рек, в том числе наиболее крупных. Не последнюю роль в загрязнении прибрежных вод органическими веществами играла здесь хозяйственная, а вернее бесхозяйственная

деятельность человека. Ежегодно в море выбрасывались десятки и сотни тонн рыбы, не принятой береговыми базами, которые и сами спускают отходы производства в море без какой-либо очистки. Между тем по опыту Японии хорошо известно, что органические вещества, в особенности растворенные, могут иметь большое значение для развития "красных приливов", так как они усиливают рост водорослей, вызывающих "цветение воды". Известен также немалый вклад птичьих базаров в увеличение продуктивности прибрежных вод. Способствовать образованию "красных приливов" могут биогены и микроэлементы вулканического происхождения, прямо или косвенно вместе с поллютантами поступающие в воду, а также деятельность подводных вулканов. Кроме того необходимо помнить, что "красные приливы" сами являются мощным фактором органического загрязнения моря. Известно также, что, однажды начавшись, "цветение" токсичных динофлагеллят, например, может пополнять потребность в пище путем утилизации органических веществ (в растворенном виде) убитой ими рыбы и других животных, что, по-видимому, наблюдается в районах "красных приливов" у восточных берегов Камчатки. Поэтому в настоящее время "красные приливы" объективно рассматриваются одновременно как результат и как процесс общего эвтрофирования морских экосистем.

Вместо заключения

Итак, "красные приливы" - это скопление микроскопических водорослей (реже - простейших или других микроорганизмов) у поверхности воды при интенсивном размножении под воздействием благоприятных факторов среды обитания. Факторов несколько. И один из главных - пища. Пищей же являются минеральные и органические вещества, которые в большом количестве содержатся в тех самых водах, что обильно поступают в море с бытовыми стоками и в результате хозяйственной (чаще бесхозяйственной) деятельности человека, а также поступающие из донных отложений в результате бактериальной деструкции. Сегодня уже известно, что частота "красных приливов" прямо связана с возрастающим загрязнением прибрежных вод под воздействием

человека. Однако не так все просто. Загрязнение - лишь основа, на которой возникает "цветение воды". Но для интенсивного развития каждого отдельного вида или группы родственных видов нужен определенный комплекс условий, или, как сказано выше, сочетание благоприятных факторов среды обитания, а это бывает не всегда. Не все еще известно о видах, вызывающих токсичные "цветения воды". Например, нет пока полной ясности в вопросах о механизме биосинтеза токсинов микроводорослями, причинах их образования, а также роли алыготоксинов в планктонном сообществе, в то время как механизм действия ядов морских моллюсков сегодня изучен достаточно хорошо.

Жители восточного побережья Камчатки, особенно города Петропавловска, неоднократно наблюдали красные пятна и полосы на воде у берегов, а иногда и вдали от них. И успокоить их пока нечем. Красные "цветения воды" наблюдаются во многих морях нашей страны (Балтийском, Черном, Японском, Охотском и др.), но токсичные, сопровождающиеся гибелью людей, достоверно отмечены только здесь, у восточной Камчатки. К счастью, не все "красные приливы" здесь вызываются токсичными планктонными водорослями. Опасными в этом регионе являются "цветения воды" летом с июня по август, вызванные отдельными жгутиковыми водорослями из динофлагеллят, продуцирующими сильнейший яд нервно-паралитического действия - сакситоксин. В это время заражение человека может произойти в случаях употребления в пищу двустворчатых моллюсков (особенно мидий), так как в процессе фильтрационного питания планктоном моллюски накапливают в своем теле яд, содержащийся в микроводорослях. Однако первичными накопителями нейротоксинов динофлагеллят являются не только моллюски, такие как мидии, устрицы, спизулы, донаксы, гребешки, модиолусы, мии и другие, но и зоопланктон, а также травоядные рыбы, то есть пелагические животные, обитающие в толще воды. Причем аккумулировать яды, а следовательно, быть токсичными эти организмы могут не только в период "цветения динофлагеллят", но и тогда, когда визуально "красные приливы" не наблюдаются, но токсичные водоросли находятся в достаточно высокой концентрации. А это может быть, по-видимому, в любое время года. Исследования показали, что потенциально токсичные динофлагелляты, постоянно обитающие в Авачинской губе и способные продуцировать сакситоксин, находятся в толще воды в подвижном активном состоя-

нии примерно полгода: с апреля-мая по октябрь-ноябрь, в остальное время лежат на дне в виде спор. Однако более или менее интенсивно они размножаются только летом, поэтому летний период у берегов восточной Камчатки наиболее неблагоприятен для заготовки употребляемых в пищу донных животных. Необходимо также учесть, что в тканях моллюсков токсины динофлагеллят могут сохраняться достаточно долго, особенно много их в пищеварительных органах. Следовательно, можно утверждать, что в целом употребление в пищу донных животных Авачинской губы не безопасно для жизни человека.

В статье "Красные приливы" и токсичность моллюсков" Э.А.Мигас (1986) приводит три типа отравлений моллюсками: желудочно-кишечный, аллергический и паралитический. Паралитический тип наиболее опасен, так как он вызывается собственно ПЯМ (PSP) и поэтому часто именуется просто ракушечным или мидиевым отравлением. Он характеризуется ощущением зуда или жжения слизистой оболочки рта и кожи лица. Затем это может распространиться и на другие части тела. Зудящие области далее немеют, движение затрудняется. Нередко наблюдаются и другие симптомы: головокружение, боль в суставах, жажда, затрудненность дыхания и глотания. Однако одним из наиболее грозных симптомов отравления является паралич дыхательной мускулатуры, который может привести к остановке дыхания и смерти, если вовремя не применить искусственное дыхание. Поскольку при интоксикации ПЯМ отсутствует специфическое лечение и неизвестны противоядия, при первых же симптомах отравления необходимо очистить желудок больного, давая ему щелочное питье, например, раствор пищевой соды, так как в щелочной среде яд быстро разрушается. К этому следует добавить, что тепловая обработка не уничтожает токсин, однако вареные моллюски менее опасны, чем печеные или жареные, поскольку яд водорастворим и большая часть его переходит в бульон.

Таким образом, "красные приливы" способны нанести большой ущерб экономике и здравоохранению. Они являются причиной гибели рыбы, птиц, млекопитающих и других животных, представляют реальную опасность для жизни людей, употребивших в пищу зараженных животных, в особенности моллюсков. Даже не ядовитые "красные приливы" причиняют большой вред морской экосистеме, так как обуславливают дефицит кислорода в воде, появление в ней сероводорода и аммиака и тем самым спо-

способствуют возникновению заморов рыбы и донных животных. Отсюда очевидно, что "красные приливы" прямо или косвенно указывают на угрозу нормальному функционированию продуктивного камчатского шельфа, на ухудшение рыбохозяйственной обстановки в ближайшем будущем.

"Красные приливы" - одна из крупных экологических проблем. Ее решение невозможно без строительства системы очистных сооружений, создания постоянной службы наблюдения за состоянием морской экосистемы (мониторинг), которая позволит прогнозировать их появление, оповещать население в случае возникновения токсичного "цветения воды" и осуществлять запрет на купание и использование в пищу морепродуктов в этот период.

В заключение выражаю сердечную благодарность научному сотруднику В.О.Пойсу за идею создания справочника, редактирование текста и техническую помощь при его оформлении. За прочтение рукописи и полезные советы глубоко признательна научному редактору директору Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН Р.С.Моисееву, рецензенту к.б.н. В.В.Ошуркову, а также д.б.н. А.И.Кафанову. Благодарю Камчатский областной комитет по охране природы, его председателя В.А.Санталова за содействие изданию книги и всех, кто помогал в процессе работы.

Меры предосторожности при появлении "красных приливов".

Наибольшую опасность "красные приливы" представляют летом и осенью в зонах с высокой вероятностью контакта с человеком, вблизи от населенных пунктов, в зоне промысла донных и пелагических животных (в том числе и рыб), а также в районах расположения марикультурных хозяйств по искусственному разведению всех видов морских растений и животных; в акваториях предназначенных для туризма и отдыха; в районах прохождения пассажирских, транспортных и рыболовецких судов.

Употребление моллюсков и других видов морепродуктов в пищу, а также для корма птиц и домашних животных может быть опасным во время "красного прилива" и в течении трех месяцев после окончания "цветения" воды. В Авачинском, Кроноцком, Олюторском заливах в целом, а также в бухтах и эстуариях рек вдоль побережья от Олюторского до Анадырского заливов опасность сохраняется в течении года после окончания "цветения" воды.

При обнаружении "красного прилива" необходимо сообщить об этом органам администрации и охраны природы ближайшего населенного пункта для:

- экстренного оповещения всех хозяйственных и иных организаций об опасности этого явления;
- организации контроля, ограничивающего возможность опасных для жизни человека случайных контактов в местах массового посещения побережья моря населением;
- проведения специальных исследований на присутствие ядов, специфичных для организмов, вызывающих "красные приливы";
- организации мер по недопущению промысла и заготовки для личного потребления или реализации морских организмов без исследований на присутствие ядов.

До сообщения результатов специальных анализов на присутствие или отсутствие специфичных ядов должно быть запрещено:

- купаться в морской воде;
- использовать морскую воду в пищевых и гигиенических целях;
- употреблять в пищу и заготавливать для употребления в пищу все виды морепродуктов, среди которых крайне опасны морские двустворчатые моллюски (в особенности мидии!).

Оперативный предварительный анализ на присутствие сакситоксина и других ядов может быть сделан в лабораториях Госсанэпиднадзора, карантинных служб, медицинских и научно-исследовательских учреждений (биологического профиля) при наличии в них соответствующего оборудования и специалистов.

Для окончательного заключения о степени токсичности, ареале распространения и механизме развития "красного прилива" необходимо срочно направить пробу воды из зоны "цветения" в Камчатский институт экологии и природопользования (г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6) и вызвать специалиста для постановки систематических наблюдений.

Предварительный анализ на наличие опасной микрофлоры (микроскопических планктонных водорослей) можно сделать, пользуясь справочными данными этой книги, в любом учреждении (больнице, рыбзаводе, школе, медпункте на корабле и т.д.), где имеется микроскоп и человек, умеющий с ним обращаться.

Пробу следует направлять в стеклянной посуде с плотной крышкой емкостью не менее 100 мл с указанием района и даты сбора с пометкой "красный прилив". Если проба будет находиться в пути более суток, ее необходимо зафиксировать 40% формалином, водным (раствор Люголя) или 5% спиртовым раствором йода, 10% уксусной кислотой, из расчета 2 капли фиксатора на 100 мл воды (пробы).

**Основные факторы и симптомы отравления человека
вследствие контакта с "красным приливом" и первая помощь.**

Типы ядов	Организмы, продуцирующие яд	Симптомы при отравлениях разной степени тяжести			Лечение: возможная помощь.
		Легкая степень	Средне-тяжелая степень	Крайне-тяжелая степень	
Паралитический яд моллюсков (ПЯМ, PSP) - сакситоксин, гомотоксин и др.	<i>Alexandrium tamarense</i> (обе формы), <i>A. catenella</i> , <i>Gyrodinium aureolum</i> .	Ощущение звона в ушах или онемение вокруг губ, постепенно распространяющееся на лицо и шею; ощущение покалывания в кончиках пальцев рук и ног; головная боль, головокружение, тошнота, рвота, понос.	Несвязная речь; прогрессирующее омертвление конечностей и отсутствие координации их движения; общая слабость и чувство светобоязни, легкая затрудненность дыхания; частый пульс.	Паралич мускулатуры (мышц); ярко выраженная затрудненность дыхания; ощущение удушья; смерть от остановки дыхания может наступить через 2-24 часа после употребления в пищу отравленного продукта.	Как можно скорее очистить желудок; искусственное дыхание с помощью аппарата (этот единственный способ оказания помощи не всегда эффективен, но специфическое лечение против отравления ПЯМ пока отсутствует).
Диарретический яд моллюсков (ДЯМ, DSP) - яды, вызывающие диарею (понос)	<i>Dinorhysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> , <i>D. longicauda</i> , <i>Prostocentrum minimum</i> .	Через 30 минут после употребления в пищу отравленного продукта до нескольких часов: понос, тошнота, рвота, боль в животе.	Не наблюдается	Не наблюдается	Выздоровление наступает через 3 дня независимо от медицинского вмешательства

Примечание. Приложение составлено на основе таблицы Халлеграффа (Hallegraeff, 1987) с некоторыми изменениями.

Список использованной литературы

- Горюнова С. В., Демина Н. С. Водоросли - продуценты токсических веществ. М.: Наука, 1974. 256 с.
- Коновалова Г. В. "Красные приливы" в морях (некоторые итоги изучения проблемы)// Альгология. 1992а. Т. 2. N 3. С. 18-25.
- Коновалова Г. В. "Красные приливы" в дальневосточных морях России и прилегающих акваториях Тихого океана (обзор)// Альгология. 1992б. Т. 2. N 4. С. 96-102.
- Курсников И. И. "Красный прилив" в Авачинской бухте в 1973 г. // Отчет N 6294818 / Архив КО ТИНРО. Петропавловск-Камчатский, 1973. 23 с.
- Курсников И. И. Красный прилив в Авачинской бухте // Рыбн. хоз-во. 1974. N 4. С. 20-21.
- Лебедев С. П. Вниманию "красный прилив" // Рыбн. хоз-во. 1968. N 5. С. 19-20.
- Мигас Э. А. "Красные приливы" и токсичность моллюсков // Биология моря. 1986. N 1. С. 3-9.
- Реймерс Н. Ф. Азбука природы. М.: Знание, 1980. 208 с.
- Anderson D. M., Keafer B. A. An endogenous annual clock in the toxic marine dinoflagellate *Gonyaulax tamarens* // Nature. 1987. Vol. 325, N 6105. P. 616-617.
- Estrada M. Moreas rojas // Inf. Tech. Inst. Inv. Pesq. 1986. N 132. P. 3-16.
- Hallegraff G. M. Red tides in the Australasian region // CSIRO Marine Laboratories. 1987. Report N 187. P. 1-14.
- Ingle R. M., Martin D. F. Prediction of the Florida red-tide by means of the iron index // Environ. Lett. 1971. Vol. 1, N 1. P. 69-74.
- Murakawa M. Marine pollution and countermeasures in Japan // Marine pollution and oceanus. 1987. Vol. 30, N 1, P. 55-60.
- Okaichi T. Marine environmental studies on outbreaks of red tides in neritic waters // J. Oceanogr. Soc. Jap. 1983. Vol. 39, N 5. P. 267-278.
- Steidinger K. A. Phytoplankton ecology: a conceptual review based on eastern Gulf of Mexico reserch // Crit. Rev. Microbiol. 1973. Vol. 3, N 1. P. 49-68.
- Tsujita T. Sequential processes in the occurrence of blooms and red-tide in the sea // La mar. 1984. Vol. 22, N 3-4. P. 305-323.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение	6
Что такое "красные приливы" и как они возникают?	7
Последствия, меры борьбы, прогноз	11
"Красные приливы" у восточных берегов Камчатки.....	15
Организмы-возбудители	15
Синезеленые водоросли - Cyanophyta.....	17
Микроцистис медно-зеленый	18
Диатомовые водоросли - Bacillariophyta.....	19
Скелетонема ребристая	20
Талассиозира норденшельда	21
Динофитовые водоросли (или перидиней) - Dinophyta.....	22
Александриум нецепочечный.....	24
Александриум остенфельда	25
Александриум тамарский форма тамарский	26
Александриум тамарский форма вогнутый	27
Динофизис остроконечный.....	29
Динофизис острый	30
Динофизис норвежский	31
Гимнодиниум цепочечный.....	32
Гимнодиниум ядоносный.....	33
Гиродиниум золотисто-желтый	34
Ночесветка.....	35
Пророцентрум мелкий.....	36
Рафидофитовые водоросли - Raphidophyta	37
Гетеросигма акапиво.....	38
Инфузории или Ресничные - Ciliophora.....	40
Мезодиниум красный.....	40
История "красных приливов" у берегов Камчатки.....	41
Вместо заключения.....	46
Приложение 1	50
Приложение 2	52
Список использованной литературы	53
Оглавление	54