

УДК 574: 574.5 (282.257.25)

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ В 2013 Г.**Е.В. Лепская, О.Б. Тепнин, В.В. Коломейцев, Е.А. Устименко, Н.В. Сергеенко, Д.С. Виноградова, В.Д. Свириденко, М.А. Походина, В.А. Щеголькова, В.В. Максименков, А.А. Полякова, Р.С. Галямов, С.Л. Горин*, М.В. Коваль***Вед. н. с., зав. лаб., н. с., ст. н. с., ст. н. с., мл. н. с., инж., мл. н. с., мл. н. с., гл. н. с., лаб., инж., зав. отд., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии*

683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

Тел.: (4152) 41-27-01

E-mail: lepskaya@list.ru

**Вед. н. с., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии*

107140 Москва, Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-81-22

E-mail: gorinser@mail.ru

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ ФОН, ФИТОПЛАНКТОН, ЗООПЛАНКТОН, САНИТАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, АВАЧИНСКАЯ ГУБА

В статье дан краткий исторический обзор экологических исследований Авачинской губы. Представлены результаты мониторинга этого водоема, выполненного КамчатНИРО в 2013 г. Проведено сравнение материалов, полученных в 2013 г., с имеющимися литературными и архивными данными. Показано, что в весенний период азот и фосфор представлены минеральными соединениями. С началом прогрева и во время паводка в губу усиливается приток органического вещества. С 2003 г. содержание биогенных элементов, среднее для акватории, практически не изменилось. В 2013 г., как и в конце 1980-х годов, в фитопланктоне доминировали диатомовые микроводоросли. Максимум развития фитопланктона приходился на осенний период. Потенциально токсичные микроводоросли *Alexandrium tamarense*-complex (продуценты сакситоксина) и *Pseudo-nitzschia seriata*-complex (продуценты домоевой кислоты) обнаружены: первый в августе, второй — осенью в концентрациях (1000 кл./л и 20 000 кл./л соответственно), при которых в Европе и Америке вводится токсикологический контроль морепродуктов. Доминирующий комплекс зоопланктона предположительно остался неизменным с 1988 г. В 2013 г. максимум развития зоопланктона наблюдали в начале лета (июнь), а минимум — в середине (июль). По санитарно-микробиологическим показателям наиболее неблагоприятной акваторией в 2013 г. была б. Култушная, омывающая центральный городской пляж.

HISTORICAL REVIEW OF STUDIES OF AVACHINSKAYA BAY AND PRINCIPLE RESULTS OF COMPLEX ECOLOGICAL MONITORING 2013**E.V. Lepskaya, O.B. Tepnin, V.V. Kolomeitsev, E.A. Ustimenko, N.V. Sergeenko, D.S. Vinogradova, V.D. Sviridenko, M.A. Pokhodina, V.A. Schegolkova, V.V. Maksimenkov, A.A. Polyakova, R.S. Galyamov, S.L. Gorin*, M.V. Koval***Leading scientist, head of dep., researcher, senior scientist, senior scientist, researcher, engineer, researcher, researcher, leading scientist, lab. assistant, engineer, head of dep., Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography*

683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18

Tel.: (4152) 41-27-01

E-mail: lepskaya@list.ru

**Leading scientist, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography*

107140 Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17

Tel.: (499) 264-81-22

E-mail: gorinser@mail.ru

HYDROLOGICAL REGIME, HYDROCHEMICAL BACKGROUND, PHYTOPLANKTON, ZOOPLANKTON, SANITARY MICROBIOLOGY, ECOLOGICAL MONITORING, AVACHINSKAYA BAY

The article provides brief historical review of ecological studies for Avachinskaya Bay. Results of complex monitoring provided by KamchatNIRO in 2013 are demonstrated. The data were compared to the literature and archival data. Presence in mineral compounds in spring time is shown for nitrogen and phosphorous. In the course of warming and flooding the bay obtains increased number of organic substances. Since 2003 the average concentration of biogenic elements has been almost stable. In 2013, like in the late 1980s, diatom microalgae were dominating in phytoplankton. The maximal bloom of the phytoplankton was observed in autumn. Potentially toxic microalgae *Alexandrium tamarense*-complex (producing saxitoxin) and *Pseudo-nitzschia seriata*-complex (producing domoic acid) have been found in August and in autumn respectively (in the concentrations 1000 cells/l and 20000 cells/l, both requiring to launch toxicological control of fish and selfish for food if it were in Europe or North America). Predominant zooplankton complex was quite sustainable from 1988. In 2013 the maximum of zooplankton was observed in early summer (June) and minimum — in mid summer (July). The most unsatisfactory plot on sanitary and microbiological indexes in 2013 was the site of the city central beach neighboring area of Kultushnoye Lake outlet.

Авачинская губа (Авачинская бухта) — вторая по величине практически незамерзающая гавань мира. Расположена на восточном побережье полуострова Камчатка и представляет собой полузамкнутый залив, в вершину которого впадает одна из крупнейших рек полуострова — Авача. Площадь губы — ок. 238 км²; длина — ок. 24 км; глубина — до 27 м с максимумом в центральной части. Ширина пролива на входе в губу со стороны Тихого океана — ок. 3 км (Лоция..., 1959; Муравьев, 1998). Происхождение водоема — вулканотектоническое, возраст — примерно 600 тыс. лет (верхнеалейское время) (Дмитриев, Ежов, 1977).

В городах и поселках, расположенных на берегах Авачинской губы и ее основных притоков (реки Авача и Паратунка), проживает большая часть населения Камчатки, поэтому ее хозяйственное и рекреационное значение для жителей края трудно переоценить.

Имеет этот водоем в настоящее время и существенное рыбохозяйственное значение. Через Авачинскую губу протекают покатные и анадромные миграции «диких» и заводских популяций тихоокеанских лососей. На ее акватории расположены рыбопромысловые участки, где ведется промысел лососей. Из других водных биоресурсов, которые вылавливают на акватории Авачинской губы (преимущественно в рамках спортивно-любительского рыболовства), можно отметить такие промысловые виды рыб как корюшки, камбалы, палтусы, терпуги, бычки, а из беспозвоночных — крабы, морские ежи, моллюски и др.

Кроме того, в настоящее время Авачинская губа — это «природные очистные сооружения», куда поступают бытовые, сельскохозяйственные и промышленные стоки из прибрежных городов и поселков, а также корабельный мусор и льяльные воды. В связи с этим важно знать степень загрязнения вод Авачинской губы нефтепродуктами, фенолами, детергентами (СПАВ), металлами, установить контроль за гидрохимическим фоном, планктонными организмами, вызывающими токсичные «красные приливы», а также за санитарно-микробиологическим состоянием воды в губе.

Несмотря на важное рекреационное и рыбохозяйственное значение Авачинской губы, экологические исследования данного водоема за всю историю его освоения проводили эпизодически и бессистемно. Исключением является, пожалуй, лишь период 80-х годов прошлого века, когда комплекс-

ные исследования Авачинской губы провели сотрудники Камчатского филиала Тихоокеанского института географии (КФ ТИГ ДВО РАН). Однако результаты этих исследований сейчас в большой степени уже устарели. Подчеркнем, что в отличие от других составляющих биоты Авачинской губы, макрофитобентос систематически исследуется с 1990-х годов.

В связи с вышесказанным, в 2013 г. специалисты КамчатНИРО начали комплексный экологический мониторинг Авачинской губы. Цель этих исследований состоит в оценке современного эколого-рыбохозяйственного состояния губы, изучении условий среды обитания гидробионтов на ее акватории, а также в ежегодном мониторинге их состояния. Это, в свою очередь, необходимо для определения общей экологической ситуации на морских акваториях, прилегающих к Петропавловску-Камчатскому, которая напрямую может влиять на здоровье городского населения.

В итоге, в 2013 г. получены новые данные по сезонной динамике гидрологических, гидрохимических, гидробиологических (фито- и зоопланктон) и санитарно-микробиологических характеристик Авачинской губы. В настоящем сообщении даны краткий исторический обзор экологических исследований Авачинской губы, а также результаты мониторинга этого водоема, выполненного КамчатНИРО в 2013 г., в сравнении с имеющимися литературными и архивными данными.

Краткий исторический обзор экологических исследований Авачинской губы

Гидрометеорология. Первые опубликованные научные данные о гидрологическом режиме Авачинской губы (а именно — результаты измерений температуры и солености воды) нам удалось найти лишь для начала XX века (Савич, 1914). Более ранние научные труды, начиная с первых исследователей Камчатки XVIII века (таких как С.П. Крашенинников и Г.В. Стеллер), и более поздние работы XIX века содержат преимущественно общее физико-географическое описание этого водного объекта. Например, К. Дитмар, достаточно детально исследовавший геологическое строение Авачинской губы в сентябре 1851 г., приводит лишь отрывочные данные о ее гидрологическом режиме, растительном и животном населении (Дитмар, 1901).

Вероятно, некоторые научные наблюдения (прежде всего гидрографические измерения) на

акватории Авачинской губы могли быть проведены с борта российских и иностранных судов, посетивших Камчатку в период Великих кругосветных экспедиций в конце XVIII – начале XIX веков (Сгибнев, 2006; Чернавская, 2006; Ивашинцов, 2007). Однако такой информацией мы, к сожалению, не располагаем.

По данным В.П. Савича (1914), в мае 1909 г. поверхность прибрежных участков губы прогрелась в среднем до 10,1 °С (10,1±2,6 (8,0–13,7)), а температура воды в слое от поверхности до дна составляла 5,6 °С (5,6±0,9 (4,4–6,4)). В начале октября того же года температура водной толщи в центральной части губы составила 7,7 °С. Было также установлено, что соленость губы «значительная», а весеннее половодье сказывается на опреснении воды в Авачинской губе, по крайней мере ее средней части (Савич, 1914).

С созданием на Камчатке в 1934 г. Управления гидрометеослужбы (УГКС, впоследствии Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, УГМС) гидрометеорологические наблюдения на полуострове начали проводить регулярно.

В частности, в 1936 г. была создана Петропавловская морская обсерватория (путем слияния Петропавловской аэрогидрометеорологической станции и морской станции ГГИ, открытой в городе в 1931 г. по инициативе профессора К.М. Дерюгина). Ее создание позволило существенно расширить сеть морских наблюдений, которые начали проводиться не только на прибрежных станциях (в том числе и на акватории Авачинской губы), но и в 25-мильной зоне прикамчатских морских вод на стандартных гидрологических разрезах. В 1939 г. УГКС приступило к составлению опытных прогнозов волнения моря и ледовых условий в прибрежной зоне, а с 1960-х годов начало осуществлять регулярные исследования прибрежных вод Камчатки на экспедиционных судах (Кондратюк, Липовка, 1985).

Начиная с 1982 г., Камчатским УГМС проводятся систематические измерения гидрологических характеристик и на акватории Авачинской губы. Результаты этих наблюдений свидетельствуют, что в последние десятилетия летний прогрев воды в Авачинской губе неуклонно увеличивался, т. к. тренды температуры воды на поверхности, осредненные за июнь–сентябрь, имеют, начиная с 1982 г., положительную направленность (см. ниже).

Биологические и рыбохозяйственные исследования. Началом серьезных научных исследований биологических сообществ Авачинской губы можно считать конец XIX века. Ссылки на результаты этих исследований приведены в работах А.А. Еленкина (1914) и А.М. Попова (Роров, 1933). Так, сведения о водорослях Авачинской губы впервые были опубликованы в работах А.А. Еленкина (1914) — фитопланктон, В.П. Савича (1914) — фитопланктон, водоросли-макрофиты, и Н.Н. Воронихина (1914) — водоросли-макрофиты.

Впоследствии в течение многих десятилетий XX века биологические исследования на акватории Авачинской губы проводили эпизодически. Лишь в 1980-е годы была вновь предпринята попытка комплексного изучения биологических сообществ данного водоема. В этот период в течение нескольких лет сотрудниками Камчатского отдела Института биологии моря КО ИБМ РАН (впоследствии КФ ТИГ ДВО РАН) исследовались фитопланктон, зоопланктон, бактериопланктон (впервые) в центральной части губы, а также бентосные сообщества и сообщества макрофитов на ее литоральных участках. В результате в планктоне было выявлено около 300 таксонов микроводорослей из 7 отделов. Из них 110 видов динофлагеллят и 107 видов диатомовых микроводорослей. Численность фитопланктона достигала 20,3 млн клеток/л (Коновалова и др., 1989а). Позднее в составе микробиопланктона Г.В. Коноваловой указывалось 260 видов и 21 внутривидовой таксон микроводорослей из 8 отделов и рассмотрена сезонная изменчивость видового богатства и обилия ключевых групп микробиопланктона — диатомовых, динофитовых и инфузорий (Коновалова, 2002). Кроме того, Г.В. Коновалова также выделила и описала 15 видов (14 микроводорослей и 1 инфузория), вызывающих «красные приливы» в Авачинской губе (Коновалова, 1995, 1989, 1998, 2004, 2006). Однако данные в этих публикациях, несмотря на год их выхода, ограничиваются периодом с 1983 по 1996 гг.

В период с 1983 по 1989 гг. также сотрудниками КФ ТИГ ДВО РАН был исследован и зоопланктон Авачинской губы, вернее его отдельные экологические (голо- и меропланктон) (Саматов, 2000) и размерные (мезопланктон) группы (Солохина, 2003). Характеристика видовой структуры, численности и биомассы, а также сезонной и межгодовой изменчивости зоопланктона дана в работах Г.В. Коноваловой с соавторами (1989а), С.Г. Сафронова

(1998), А.Д. Саматова (2000), А.Д. Саматова и И.Н. Саматовой (2000) и Е.В. Солохиной (2003).

В 1983 и 1984 гг. был собран материал и по бентосу Авачинской губы и выявлено 298 видов донных беспозвоночных животных и 69 видов водорослей-макрофитов и показано, что структура и распределение донных сообществ претерпели значительные изменения по сравнению с 1930-ми годами (Гидробиологические исследования..., 1989). Позднее установили, что до 2000 г. в бентосе Авачинской губы обитало 12 видов двустворчатых моллюсков (Данилин, 2013).

В 1998 г. вышел сборник из 12 научных статей, в которых были представлены материалы по экологическому состоянию Авачинской губы на момент его выхода. В нем, в частности, дана характеристика источников загрязнения губы (Копылов, Павлов, 1998), гидрохимического фона и загрязнений воды в губе и водах, поступающих в нее (Березовская, Клочкова, 1998; Березовская, Ляндзберг, 1998), показан характер изменений в макрофитных (Клочкова, Клочкова, 1998) и бентосных (Иванюшина, 1998) сообществах, приведены некоторые сведения о планктоне, ихтиофауне и пищевых взаимоотношениях массовых видов рыб (Василец и др., 1998; Сафронов, 1998).

Масштабные исследования макрофитобентоса в губе, начавшиеся в 1988 г., приобрели системный характер с начала 1990-х годов. В результате было проанализировано влияние загрязнений на таксономический состав флоры (Березовская, 2002), предложены критерии для оценки экологического состояния морских прибрежных экосистем и сделан вывод, что в целом макрофитобентос Авачинской губы проявляет устойчивость к антропогенному воздействию и в течение длительного времени способен сохранять свое видовое богатство (Березовская, 2003). Вывод о существовании шаткого равновесия между тенденцией к полной деградации донной биоты и восстановительными процессами сделан и в работе Г.Н. Чуян с коллегами (Чуян и др., 2001). В 2001 г. вышла монография Н.Г. Клочковой и В.А. Березовской, где авторами указывалось 165 видов в составе естественной флоры макрофитобентоса губы. В 1991 г. флора водорослей-макрофитов насчитывала 158 видов, а в 1999 г. — только 103. В монографии приведен список водорослей, сопровождаемый морфологической и экологической характеристиками. Подробно описаны этапы и причины антропогенной

деградации водорослевых сообществ. Позже появились работы, посвященные видовому составу, количественным характеристикам и экологии отдельных групп макрофитов, собранных на небольших участках берега губы (Овсянникова, 2006; Хайнасова, 2006; Очеретяна, Клочкова, 2010).

Исследования ихтиофауны Авачинской губы впервые проведены еще в начале XIX века (Токранов, Шейко, 2002). Подробный список рыб, включавший 47 видов рыб, обитающих в губе, с указанием и описанием мест поимки, первым составил А.М. Попов в начале 1930-х годов (Роров, 1933). К.А. Виноградов выделил 5 экологических групп рыб, составив список для каждой из них (Виноградов, 1949). К концу 1930-х годов в Авачинской губе было зарегистрировано 62 вида рыб и 1 вид круглоротых. В этот период (точнее, в 1930-е и 1940-е годы) в Авачинской губе вели промысел сельди (добыча доходила до 300 т) и наваги (20–50 т на протяжении 15 лет). Впоследствии объемы промышленного изъятия морских промысловых рыб в губе неуклонно сокращались.

Исследования рыбного населения губы были возобновлены лишь в 1990-е годы. Сотрудники КФ ТИГ ДВО РАН вновь изучили видовой состав ихтиофауны этого водоема (Токранов, Шейко, 2002). Одновременно ученые КамчатНИРО факультативно проводили специализированные исследования наваги и сельди (Трофимов, 2006). В результате, в конце XX века в водах губы зарегистрированы 1 вид круглоротых и 70 видов рыб из 21 семейства и показано, что видовой состав ихтиофауны остался практически неизменным на протяжении 60 лет (Токранов и др., 2000; Токранов, Шейко, 2002). При этом отмечено, что из губы исчезли полосатый маслюк (*Pholis fasciata*) и седловидный бычок (*Microcottus selaris*) (Транбенкова, 1999). Ныне промысел в губе переориентирован почти исключительно на тихоокеанских лососей, которых в промышленных масштабах добывают колхоз им. Ленина, КМНС и бригады, вылавливающие рыбу на нужды рыбоводных заводов.

Загрязнение. Негативное воздействие хозяйственной деятельности на состояние Авачинской губы наблюдали уже в начале XX века. Так, в мае 1909 г. один из участников экспедиции Ф.П. Рябушинского, В.П. Савич, при сборе альгологических образцов в Петропавловской гавани (или «Ковше») отмечал, что «Дно его оказалось... сильно загрязненным отбросами города и океанских судов, осо-

бенно много было битого бутылочного стекла» (Савич, 1914).

Дальнейшее развитие промышленности, сельского хозяйства, судоходства и рост населения в прибрежных городах и поселках на протяжении прошлого века существенно усилили антропогенную нагрузку на экосистему губы, которая выразилась в увеличении стока и накоплении в ней нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, металлов, взвешенных веществ, фосфора и азота, органических веществ, а также твердого бытового и технического мусора (Березовская, 1988; Березовская, Клочкова, 1998; Березовская, Ляндзберг, 1998; Копылов, Павлов, 1998). Это привело в 1970–1980-е годы к деградации прибрежного пояса макрофитов (Клочкова, Клочкова, 1998; Клочкова, Березовская, 2001), возникновению «красных приливов», в том числе токсичных (Коновалова, 1995), обеднению бентосных сообществ (Иванюшина, 1998) и изменению биологии морских ежей (Архипова, 1998); изменению структуры промысловой части ихтиофауны (Трофимов, 2006) и ее обеднению (Сафронов, 1998).

В конце 1960-х годов был организован контроль за химическим загрязнением поверхностных и морских вод, атмосферного воздуха, а в 1980 г. на базе лабораторий УГКС создан центр по изучению и контролю загрязнений природной среды, действующий и в настоящее время (Кондратюк, Липовка, 1985): <http://kammeteo.ru/gms1.html>.

В 1963 г. Совет Министров СССР Постановлением от 30 сентября поручил Главному управлению гидрометеорологической службы при СМ СССР проведение систематических исследований химического состава загрязнителей морских вод, омывающих берега Советского Союза. Начиная с 1966 г., результаты регулярных наблюдений в рамках программы мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морских вод публикуются в «Обзоре...», а потом «Ежегоднике качества морских вод по гидрохимическим показателям». Ежегодники составляются в Государственном океанографическом институте Росгидромета (ГОИН) на основе данных государственной наблюдательной сети (см. «Положение о государственной наблюдательной сети» РД 52.04.567-2003), включающей центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС), центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р), межрегиональных территориальных

управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), других организаций и научно-исследовательских институтов Росгидромета и Академии наук, а также по материалам отдельных экспедиционных исследований государственных и негосударственных организаций. Так, по материалам ГОИН (<http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2003,2004,2005,2006,2007,2008,2008,2009,2010>), а также по литературным данным (Березовская, Клочкова, 1998; Клочкова, Березовская, 2001), в 1980-е и 1990-е годы содержание нефтепродуктов в воде Авачинской губы превышало значение ПДК в 3–10 раз. В 2000-е годы таких высоких концентраций в акватории губы зафиксировано не было, хотя в отдельные годы все же наблюдали незначительное, не более чем вдвое, превышение ПДК по этому показателю. В 2008–2010 гг. содержание нефтепродуктов на акватории Авачинской губы было стабильно ниже ПДК. С 2003 по 2010 гг. поступление нефтепродуктов и фенолов в Авачинскую губу снизилось, но это произошло из-за уменьшения объемов стока, а не из-за того, что сточные воды стали чище. Что подтверждается и тем, что сток СПАВ (поверхностно-активные вещества) не уменьшился. Сезонная динамика поступления загрязнений и их концентрации в водах губы, по многолетним материалам УГМС, приведена в монографии В.А. Березовской (1999).

Фенолы, поступление которых резко снижались, начиная с 2006 г. устойчиво сохраняли концентрацию в воде губы в 3–6 раз превышающую ПДК на протяжении 10 лет. Тем не менее, по сравнению с 1980-ми годами, их содержание в воде губы снизилось в среднем в 2,7 раза. СПАВ в течение почти всего периода определений не достигали концентраций, равных ПДК, хотя в отдельные годы, например в 2002 г., были близки к нему.

Работами Л.Г. Зориной с коллегами было показано, что мидии можно использовать в качестве индикатора на повышенное содержание хрома и свинца (Зорина и др., 1993а), а водоросли *Laminaria bongardiana*, *Agarum cribrosum*, *Alaria marginata* — как виды-мониторы на содержание тяжелых металлов: алюминия, теллура, свинца, хрома (Зорина и др., 1993б). При оценке химико-экологического состояния Авачинской губы по содержанию металлов в фукусовых водорослях в 1985 и 1999 гг. был сделан вывод, что в сравнении

с фоновыми уровнями содержания металлов в фюкусах дальневосточных морей Авачинская губа выделяется в провинцию с повышенным содержанием меди в среде и организмах. Это явление связано с природными факторами (Христофорова и др., 2001). Продолжены исследования влияния металлов на развитие ламинариевых водорослей и показана возможность использования последних как организмов-мониторов металлического загрязнения морской акватории (Клочкова, Березовская, 2001; Федорченко и др., 2011).

Специальные исследования показали, что в местах повышенной концентрации металлов у ламинариевых водорослей уменьшаются размеры, меняются физиология, химический состав и жизненный цикл (Березовская, 1999; Клочкова, Березовская, 2001). Однако внешне эти изменения малозаметны для неспециалистов, на что следует обращать внимание при выборе места сбора и культивирования макрофитов (Селиванова, 1998).

Влияние нефтяных и органических загрязнений на зеленые водоросли Авачинской губы обсуждается в работе С.О. Очеретяна и Н.Г. Клочковой (2010).

Сравнение содержания кадмия в тканях мидии (*Mytilus trossulus*), определенного в 1984 и 1999 гг., показало двукратное увеличение содержания этого металла в мягких тканях моллюсков. Был сделан вывод, что такие изменения на региональном уровне являются следствием повсеместного загрязнения природных сред металлами, в том числе и кадмием (Кавун, Христофорова, 2001).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Экологический мониторинг акватории Авачинской губы в 2013 г. проводили в период с апреля по октябрь. Комплекс работ включал: гидрологические измерения, отбор гидрохимических, гидро-

биологических и микробиологических проб. Наблюдения проводили один раз в месяц на 10 контрольных точках (санитарно-микробиологические исследования — по сезонам (весна, лето, осень) на 6 контрольных точках) по сетке станций, которая была разработана с учетом сетки ГОИН (рис. 1, таблица 1).

Всего в 2013 г. было выполнено 129 вертикальных измерений температуры, электропроводности (солености) воды, концентрации кислорода и содержания хлорофилла; отобрано и обработано 126 гидрохимических, 36 микробиологических, 70 фитопланктонных и 63 зоопланктонные пробы.

Гидрологические измерения проводили зондами Rinko Profiler ASTD-102 (JFE Advantech, Япония) и STD Cast Away (YSI, США) от дна до поверхности. Воду для гидрохимического и микробиологического анализа отбирали батометром Ван Вина из поверхностного и придонного слоев, фитопланктон — сетью Джели (газ с размером ячеи

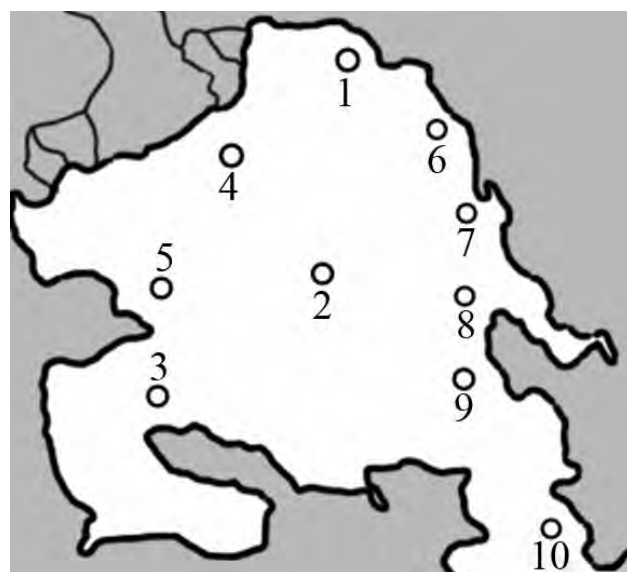


Рис. 1. Схема станций в период проведения комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в апреле–октябре 2013 г.

Таблица 1. Описание расположения станций отбора проб и их координаты в период проведения комплексного экологического мониторинга Авачинской губы в апреле–октябре 2013 г.

Станция	Широта	Долгота	Расположение
1	53°03'4	158°34'1	Район расположения промышленных предприятий, пос. Моховая
2*	52°58'4	158°34'3	Центральная станция в Авачинской губе
3*	52°56'2	158°29'0	Вход в бухту Крашенинникова
4*	53°01'2	158°31'0	Устье р. Авачи
5	52°59'0	158°28'5	Устье р. Паратунки
6*	53°01'4	158°37'3	Район расположения промышленных предприятий, б. Култушная
7	53°00'1	158°38'2	Район расположения промышленных предприятий, м. Сигнальный
8	52°58'3	158°40'0	Вход в бухту Раковую
9	52°57'1	158°37'2	Линия, соединяющая п-ов Завойко и п-ов Крашенинникова
10*	52°54'0	158°41'0	Выход из Авачинской губы

Примечание. * — отмечены станции санитарно-микробиологического контроля

35 мкм), зоопланктон — сетью Джеди (газ с размером ячеи 93 мкм), облавливая слой от дна до поверхности. Камеральную обработку проб проводили в лабораториях КамчатНИРО.

Для анализа гидрохимического фона в воде определяли биогенные элементы (общий фосфор TP); фосфатный (минеральный) фосфор PO_4^{3-} ; общий азот (TN), аммонийную ($N-NH_4^+$), нитритную (NO_2^-) и нитратную (NO_3^-) формы азота; общее растворенное железо Fe и кремний Si (Алекин и др., 1973). Количество органического фосфора (PO) рассчитывали как разницу между TP и PO_4^{3-} , минерального азота (NM) — как сумму аммонийной, нитритной и нитратной форм, а органического (NO) — как разницу между TN и NM.

Для определения санитарно-микробиологических показателей воды (ОМЧ; количество колиформных бактерий; наличие условно-патогенных для рыб микроорганизмов) применяли метод фильтрации через мембранные фильтры с помощью прибора вакуумного фильтрования ПВФ-47 Б (ПП). Фильтры инкубировали на универсальной и дифференциально-диагностических питательных средах для культивирования бактерий группы кишечной палочки, а также потенциальных патогенов рыб.

При определении таксономического состава фитопланктона использовали Атласы (Коновалова, 1998; Коновалова и др., 1989б; Коновалова, Селина, 2010), определители из серии «Диатомовые водоросли России и сопредельных стран» (Глезер и др., 1988; Гогорев и др., 2006; Макарова и др., 2002) и *Identifying marine diatoms and dinophlagellates* (1996). Клетки каждого вида (таксона) планктонных микроводорослей подсчитывали в камере Наумана (объем 1 мл), биомассу рассчитывали исходя из значений клеточных объемов и определенной численности, выраженной как количество клеток в единице объема (кл./л), принимая плотность клеток равной 1. Для сравнения с архивными данными Г.В. Коноваловой сезонную динамику видовой структуры и численности фитопланктона рассматривали для станции 2 (центральная часть Авачинской губы).

Обработку зоопланктонных проб проводили согласно общепринятым методикам (Инструкция..., 1982).

Санитарно-микробиологическую оценку проводили согласно утвержденным методическим указаниям (МУ № 13–4–2/1742, 1999) по следую-

щим показателям: общее число мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (ОМЧ); количество общих колиформных бактерий; наличие условно-патогенных для рыб бактерий.

Для анализа результатов, полученных в 2013 г., были привлечены следующие дополнительные материалы: опубликованные данные; архивные данные, полученные в разные годы Камчатским УГМС; материалы по гидрохимии из отчетов ГОИН (<http://www.oceanography.ru>); архивные данные Г.В. Коноваловой по фитопланктону за 1987–1988 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологический режим. Учитывая особенности морфологического строения, гидрологического режима и антропогенного воздействия на акваторию Авачинской губы, было принято решение использовать для анализа изменений основных гидрологических характеристик в 2013 г. данные для центральной части губы (ст. 2). Учитывалась также возможность последующего сравнения наших результатов с архивными данными Камчатского УГМС за прошлые годы, когда гидрологические наблюдения, как правило, привязывались именно к центральной части губы.

По материалам наблюдений Петропавловской морской станции (обсерватории), содержащимся в архиве Камчатского УГМС (Гидрометрежим..., 1943), котловина Авачинской губы всегда заполнена морской водой, над которой находится тонкий слой опресненных вод. Толщина и площадь распространения опресненного слоя, температура и соленость воды в губе в основном изменяются с сезонной периодичностью. Менее значима суточная изменчивость. Первое связано с соответствующими изменениями температуры воздуха и величины речного стока, а второе — с океанскими приливами. На «правильные» циклические изменения гидрологических характеристик Авачинской губы накладываются «случайные», в первую очередь связанные с нагонными явлениями в прибрежной части Тихого океана.

Температура в поверхностном слое воды становится положительной в апреле, а в придонном слое — в мае. До своего максимума вода на поверхности нагревается в августе (~13 °С в среднем за месяц), у дна — в сентябре–октябре (до 5–6 °С). До отрицательных величин вода остывает в декабре–январе (на поверхности раньше, у дна позже).

В большую часть года, с октября по апрель, зона опреснения с соленостью воды от 1 до 25‰ локализуется в вершине губы, прижимаясь к внешнему краю речной дельты. В период речного половодья, в июне–июле, она распространяется на всю акваторию губы. Именно в это время мощность опресненного слоя достигает своего максимума — до 5 м. На подъеме и спаде половодья, а также в период осенних паводков (в мае и августе–сентябре), зона опреснения занимает до половины площади губы.

Лед на акватории губы появляется сначала в бухтах (в начале ноября), а потом в центральной части (в конце ноября). Ледяной покров неустойчивый, в течение зимы нередко взламывается и уносится в океан благодаря сильным ветрам и оттепелям. В пределах губы наибольшая ледовитость отмечается в феврале. В марте количество льда уменьшается, а ко второй половине апреля он полностью сходит.

По данным Камчатского УГМС, начиная с 1982 г., летний прогрев воды в Авачинской губе неуклонно увеличивался (рис. 2). Например, тренд максимальной температуры поверхности воды (Т_м) и среднемесячной температуры (Т_с) водной поверхности, осредненных за июнь–сентябрь, имеет положительную направленность (рис. 2).

Согласно нашим данным, в 2013 г. прогрев воды в Авачинской губе начался в середине мая. В июле–августе верхний 5-метровый слой прогрелся до 15–16 °С, далее наступило осеннее выхолаживание. Мощность прогретого слоя не превышала 10 м, а время его устойчивого существования — двух месяцев (июль, август). Водная толща ниже 10 м не прогревалась выше 4 °С даже в самые теплые месяцы (рис. 3А).

С началом летнего паводка на реках Авача и Паратунка в середине июня 2013 г. поверхность

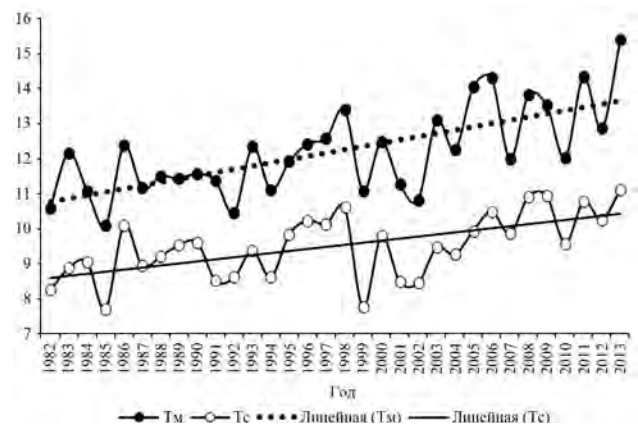


Рис. 2. Межгодовая динамика температуры поверхности воды в Авачинской губе в 1982–2013 гг. (Т_м — максимальная температура поверхности воды; Т_с — среднемесячная температура)

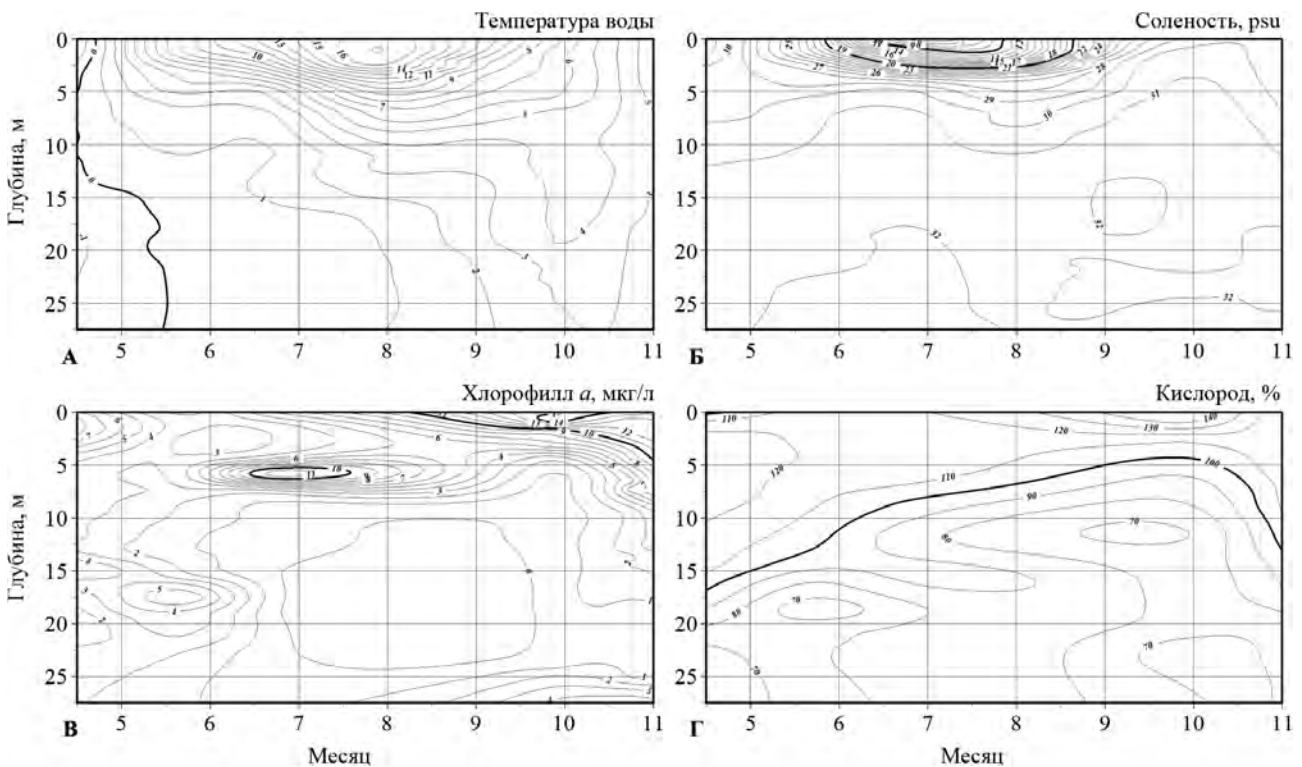


Рис. 3. Гидрологические характеристики Авачинской губы в апреле–октябре 2013 г. (А — температура воды, Б — соленость, В — насыщенность кислородом, Г — содержание хлорофилла а)

губы начала опресняться, и в пик паводка соленость верхнего метрового слоя снизилась до 7‰. Однако мощность опресненного слоя с соленостью <20‰ не превышала 2 м, а время его существования — не более месяца (конец июня – конец июля) (рис. 3Б).

Наибольшая концентрация хлорофилла *a* и максимальная насыщенность воды кислородом выявлены в верхнем 3-метровом слое в сентябре

2013 г. (рис. 3Г, Д) и приурочены к началу массового развития фитопланктона (см. ниже).

Гидрохимический фон. По данным анализа гидрохимических проб, содержание биогенных элементов на акватории Авачинской губы весной 2013 г., за некоторыми исключениями, которые оговариваются ниже, было минимальным (рис. 4).

Количество фосфора в воде в весенне-летний период 2013 г. оставалось относительно стабиль-

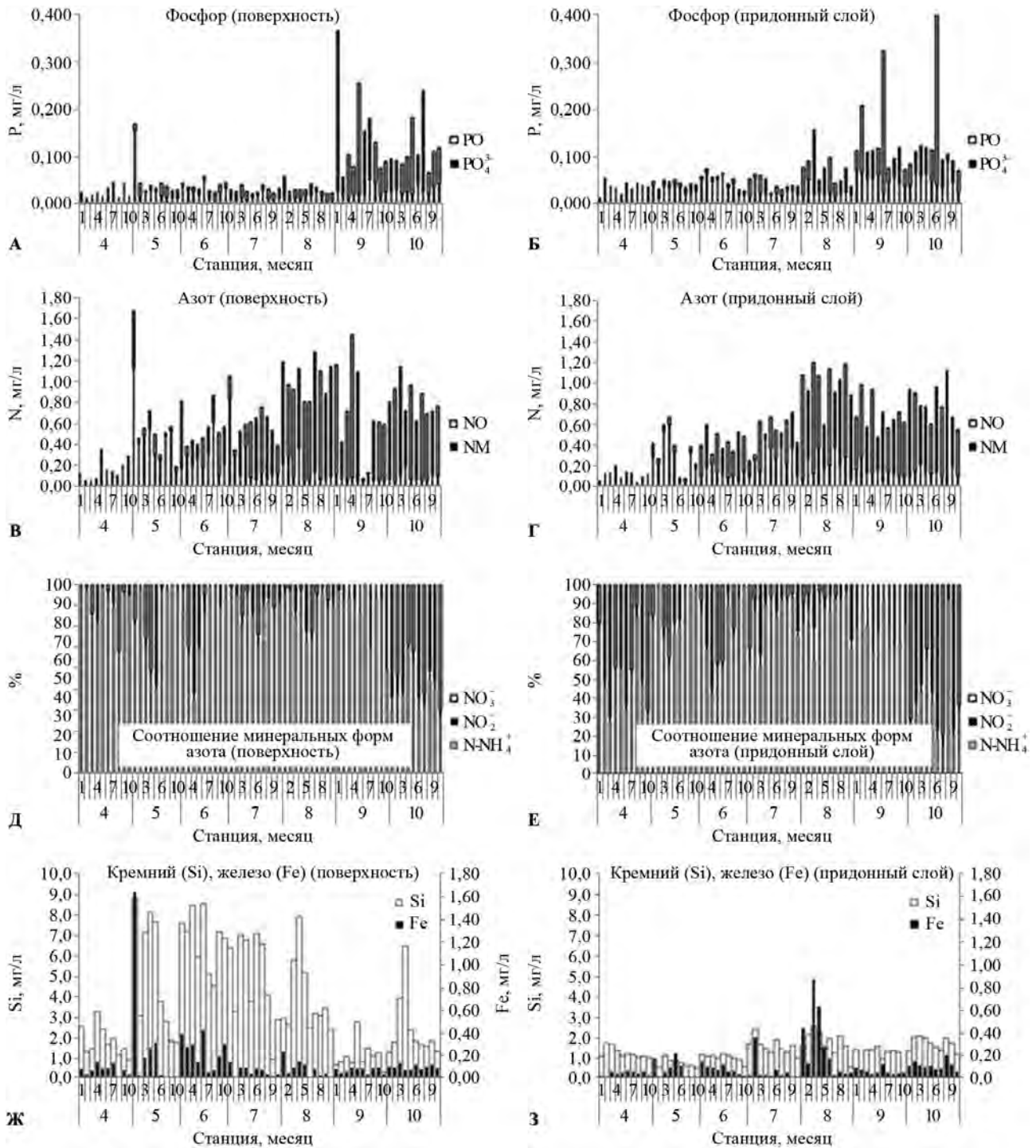


Рис. 4. Сезонные изменения содержания биогенных элементов в поверхностном слое и у дна в Авачинской губе в апреле–октябре 2013 г. Пояснения в тексте

ным как у поверхности, так и в придонном водном слое, и равномерно распределенным по исследованной акватории. Весной и в первой половине лета фосфор находился в воде большей частью в виде PO_4^{3-} , но во второй половине лета и осенью, вместе с увеличением содержания общего фосфора (ТР), заметно увеличилось представительство его в составе органических соединений (рис. 4А, Б).

Сходная сезонная изменчивость была характерна и для минерального (NM) и органического (NO) азота, однако увеличение общего азота (TN) в воде наблюдали уже в мае, т. е. значительно раньше, чем увеличение концентрации ТР. Наибольшее количество TN как в поверхностном, так и придонном слоях пришлось на конец лета (рис. 4В, Г). Минеральный азот на протяжении всего весенне-летнего периода был представлен аммонийной формой. Преобладание окисленных форм (нитриты, нитраты) в придонном слое отмечено ранней весной (апрель). В октябре окисленные формы азота составляли более 50% как в придонном слое, так и у поверхности (рис. 4Д, Е).

Пик содержания кремния в 2013 г. был приурочен к весенне-летнему паводку и выявлен только для поверхностного слоя. На количество кремния в придонном слое паводок влияния не оказывал. Концентрация этого элемента в придонных водах была в среднем в три раза ниже, чем в поверхностных (рис. 4Ж, З).

Содержание железа в поверхностном слое было наибольшим в конце весны – начале лета, а в придонном — в августе. Флуктуации содержания железа в воде в период паводка связаны, вероятно, с терригенным стоком (рис. 4Ж, З).

Сравнение биогенного фона Авачинской губы в 2013 г. с данными, полученными в 1983–1984 гг. (Гидрологические исследования..., 1989) и в 2003–2010 гг. (<http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2003,2004,2005,2006,2007,2008,2008,2009,2010>), показало, что содержание ТР в 2000-е годы изменялось незначительно. Его среднегодовая величина для акватории губы составила $0,053 \pm 0,008$ мг/л (минимум — 0,037 мг/л; максимум — 0,061 мг/л). Иная картина была в середине 1980-х годов (Гидробиологические исследования..., 1989). В этот период определяли только PO_4^{3-} (PM), и его концентрация в два раза превосходила общее количество фосфора (ТР) в 2000-е годы (рис. 5А).

Содержание минерального азота в 2013 г. осталось на среднем уровне, характерном для периода 2003–2010 гг.: $0,17 \pm 0,04$ мг/л (минимум — 0,13 мг/л; максимум — 0,24 мг/л). При этом, как правило, восстановленная форма минерального азота (NH_4) составляла более 50% от общего количества минеральных форм (рис. 5Б). Содержание кремния в 2013 г. (2,4 мг/л) увеличилось почти вдвое по сравнению с предыдущим десятилетием, для которого средняя его концентрация составляла $1,3 \pm 0,3$ мг/л (минимум — 0,9 мг/л; максимум — 1,7 мг/л). Такую разницу можно объяснить значительным терригенным стоком при исторически максимальном паводке 2013 г. (рис. 5В).

Фитопланктон. В 2013 г. пик развития фитопланктона пришелся на октябрь, когда численность микроводорослей в планктоне достигала 140 тыс. кл./л (рис. 6А). На протяжении всего весенне-летне-осеннего периода доминировали диатомовые, составляя более 90% от общей численности микроводорослей. Заметное присутствие динофитовых отмечено в августе, когда числен-

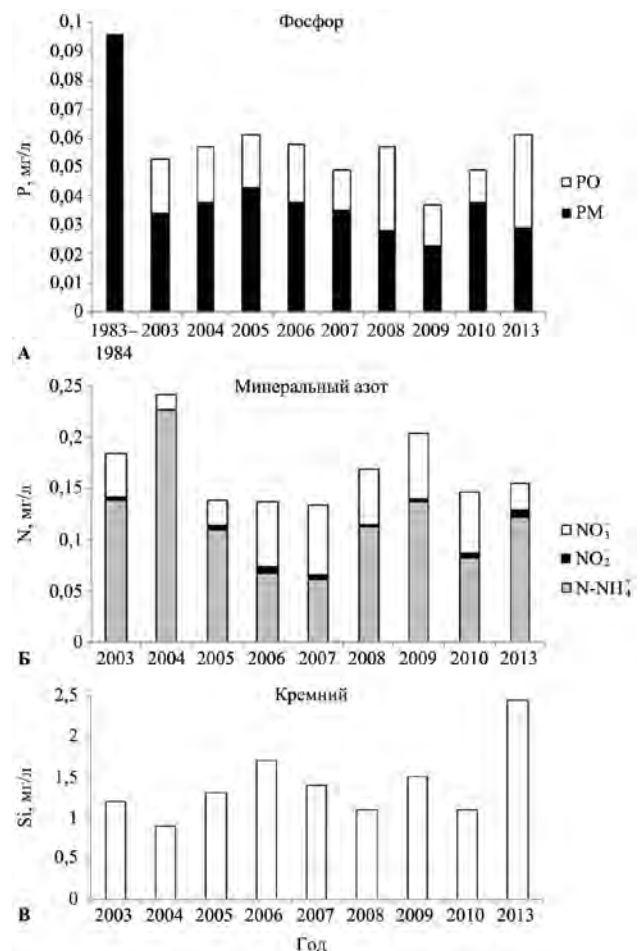


Рис. 5. Межгодовая изменчивость содержания биогенных элементов в Авачинской губе в 1983–2013 гг.

ность этой таксономической группы достигала 15% от общей численности фитопланктона (рис. 6Б).

Видовая структура доминантного комплекса изменялась в зависимости от сезона (рис. 6Б). Весной это были *Thalassiosira* и *Chaetoceros* (апрель) и *Thalassiosira* и *Pseudo-nitzschia*. Летом — *Pseudo-nitzschia* (июль) и *Leptocylindrus danicus* (август). Осенью — виды рода *Pseudo-nitzschia*. Летом и осенью субдоминантами первого порядка были также представители диатомовых *Skeletonema costatum* и *Thalassionema nitzschioides*. Доминантный комплекс формировали диатомеи из родов *Chaetoceros* и *Pseudo-nitzschia*. В августе, когда представительство динофитовых в планктоне

было наиболее заметным, подавляющее большинство микроводорослей этого таксона составляли организмы-автотрофы родов *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Ceratium*, *Gonyaulax*, *Gymnodinium*, *Scrippsiella*, а в мае и октябре это были гетеротрофы в основном из рода *Protoperidinium*. Паразитические динофитовые *Dissodinium pseudolunula* были найдены в небольшом количестве (5 кл./л) в октябре в виде вторичных спор.

Примечательно, что в 1988 г. «цветение» фитопланктона было более длительным, с июля по октябрь, а пик численности фитопланктона сформировался на месяц раньше (сентябрь), чем в 2013 г. (рис. 7А). В течение всего периода наблю-

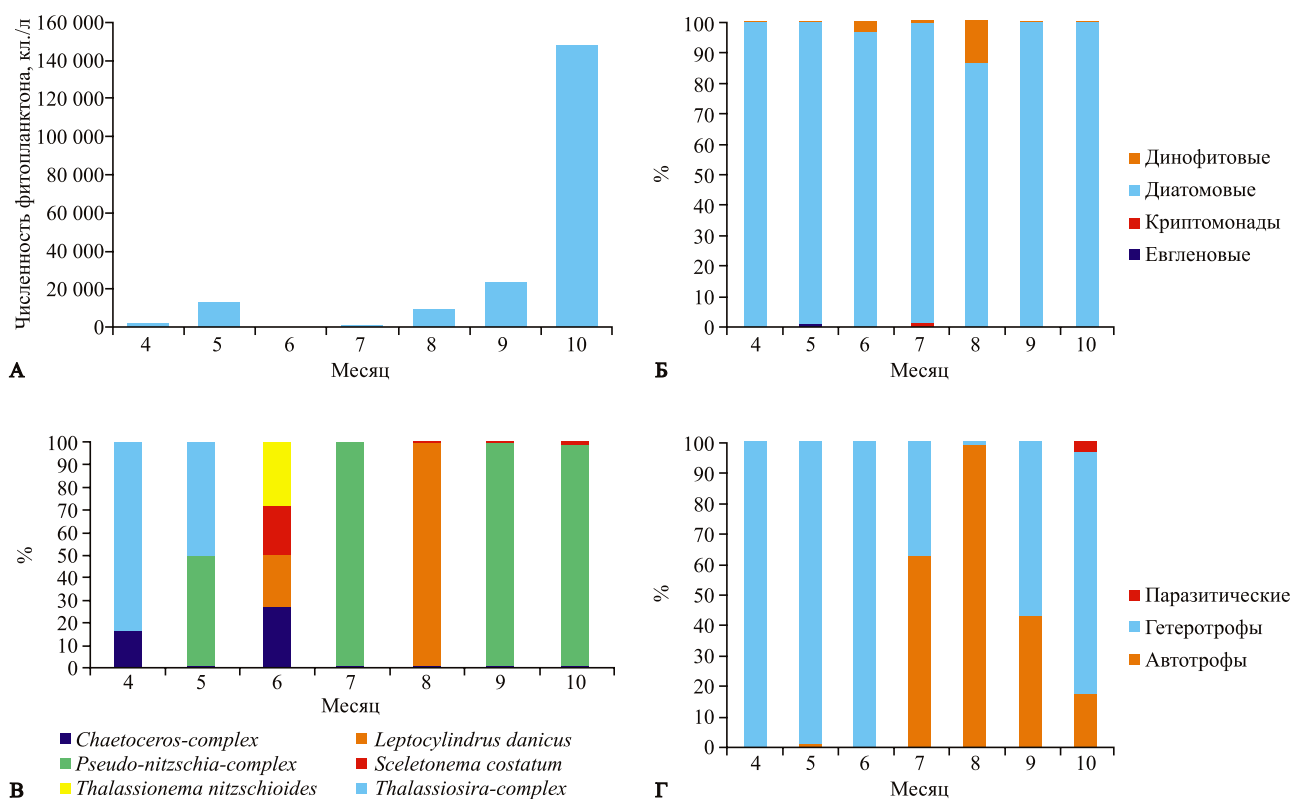


Рис. 6. Сезонные изменения численности (А), таксономической структуры (Б), видовой структуры доминантного (диатомового) комплекса (В) и структуры динофитового комплекса (Г) фитопланктона в центральной части Авачинской губы в апреле–октябре 2013 г.

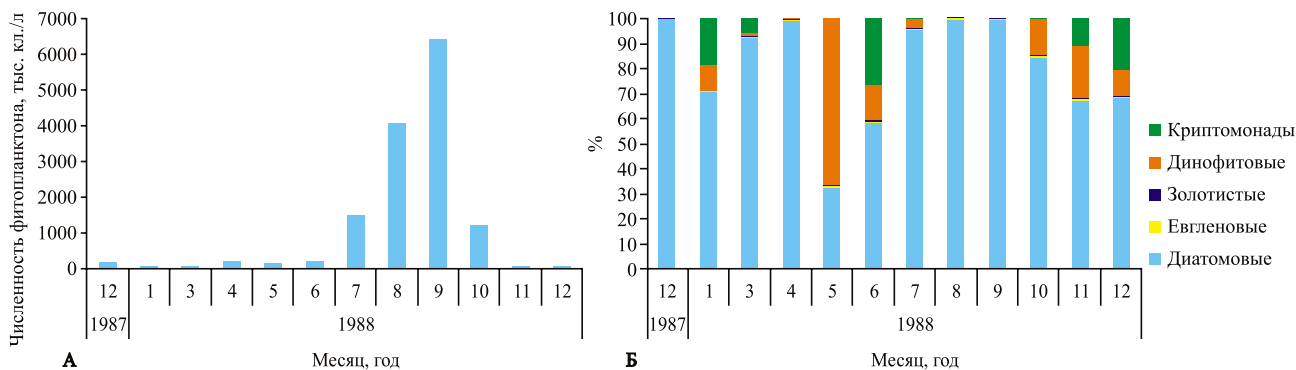


Рис. 7. Сезонная изменчивость численности (А) и таксономической структуры фитопланктона (Б) в центральной части Авачинской губы в 1987–1988 гг. (архивные данные Г.В. Коноваловой)

дений, за исключением мая 1988 г., когда динофитовые составили 60% от общей численности микроводорослей, в планктоне доминировали диатомеи (рис. 7Б): весной — *Thalassiosira*, летом — *Chaetoceros*, осенью — *Skeletonema*. В отдельные месяцы 1988 г. отмечено значительное представительство (10–25%) мелких криптонад.

Отметим, что структура весеннего доминантного комплекса фитопланктона не постоянна и меняется от года к году. Например, в мае 1987 г. в планктоне доминировали диатомовые *Coscinodiscus* sp. и *Skeletonema costatum* (Сафронов, 1998); в мае 1988 г. — диатомеи *Thalassiosira* sp. и динофитовая *Gymnodinium vitiligo* (архив Г.В. Коноваловой); в мае 2013 г. — диатомовые *Thalassiosira* и *Pseudo-nitzschia*.

«Красные приливы». Жители Петропавловска-Камчатского впервые ощутили последствия «красного прилива» 19 августа 1973 г., когда в больницы города с одинаковыми симптомами отравления, как позже предположили — сакситоксином, обратились 12 человек, которые ели мидий, собранных в Авачинской губе. Анализируя предшествующие события, вспомнили, что в середине лета вода в губе местами окрасилась в бурый цвет. В пробах планктона, отобранных 3 сентября того же года, микроводорослей, продуцирующих сакситоксин, таких как, например, *Alexandrium* spp. или *Gymnodinium catenatum*, не обнаружили. В планктоне в массе присутствовала гетеротрофная динофлагеллята *Noctiluca scintillans*, которая не токсична (Куренков, 1974; Коновалова, 1995).

Анализ вытяжек из мышечной ткани мидий, выловленных в Авачинской губе в начале сентября того же года, выявил присутствие токсинов. Дальнейший контроль за токсичностью мидий, проводившийся в течение трех последующих месяцев,

показал, что только к ноябрю моллюски освободились от накопленного токсина (Куренков, 1974).

В 2013 г. потенциально токсичные микроводоросли обильно развивались в августе–октябре (рис. 8А). Летом это были потенциальные продуценты сакситоксина, динофитовые из рода *Alexandrium* (1000 кл./л), а осенью, при снижении температуры воды и накоплении органического вещества в водной толще — диатомовые рода *Pseudo-nitzschia* (>20 тыс. кл./л). В 1988 г. *Alexandrium* и *Pseudo-nitzschia* развивались в такой же последовательности, присутствие в планктоне видов *Alexandrium* отмечали все лето в количестве 100–5000 кл./м³, а *Pseudo-nitzschia* — в основном в сентябре (4700 кл./м³) (рис. 8Б). В октябре 1988 г. обильными были динофитовые рода *Dinophysis* (7500 кл./м³) — продуценты ядов диарейного комплекса (рис. 8Б), тогда как в 2013 г. в планктоне губы они были отмечены единично (рис. 8А).

«Красные приливы» в Авачинской губе могут возникать также при массовом развитии инфузории *Mesodinium rubrum* (= *Mironecta rubra*) (Орлова и др., 1985; Коновалова, 1995; Лепская, 2009). Например, это явление наблюдали осенью 1983 г. (Орлова и др., 1985), в меньшей — степени зимой 1987 г. и на протяжении всего 1988 г. (архивные данные Г.В. Коноваловой), и осенью 2011 и 2012 гг. (данные Е.В. Лепской). Скопления мезодиниума, темно-красный цвет которому придают криптонады-эндосимбионты, окрашивают воду в красно-бурый цвет. Мезодиниум не токсичен и развивается, как правило, следом или одновременно с «цветением» других микроводорослей, например диатомовой *Skeletonema* (Лепская, 2009).

Зоопланктон. В 2013 г. максимум численности (8000 экз./м³) и биомассы (155 мг/м³) зоопланктона был зафиксирован в июне, а в июле уровень раз-

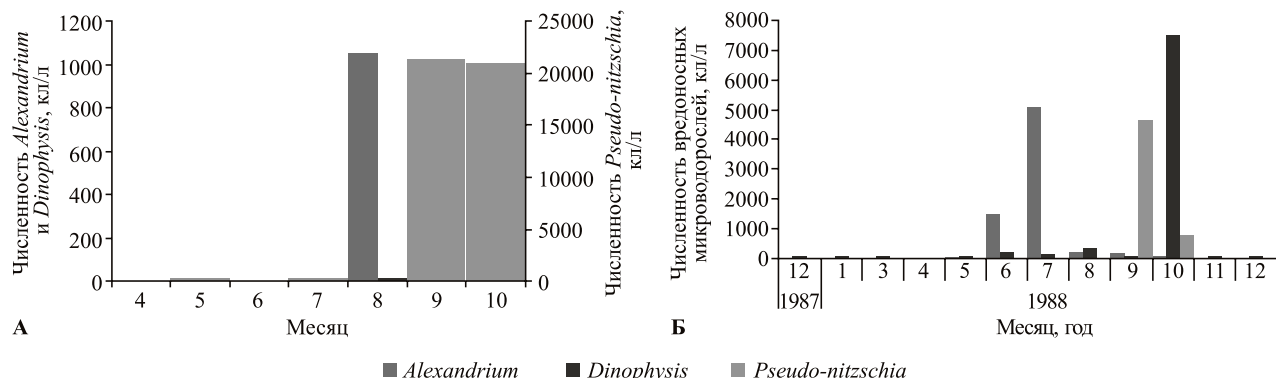


Рис. 8. Сезонная изменчивость численности вредоносных микроводорослей в планктоне центральной части Авачинской губы в апреле–октябре 2013 г. (А) и в 1987–1988 гг. (Б, архивные данные Г.В. Коноваловой)

вития планктонных животных оказался минимальным (численность 68 экз./м³, биомасса 28 мг/м³) (рис. 9). Как и в 1980-е годы (Саматов, 2000), в планктоне доминировали ракообразные (копеподы) и личинки полихет. Однако в 2013 г. в планктоне увеличилось представительство коловраток. Среди планктонных ракообразных весной и в начале лета обильно были развиты представители рода *Acartia*, а в последующие месяцы ведущее положение занял комплекс видов *Pseudocalanus*.

Санитарно-микробиологическое состояние.

По материалам 2013 г., в отношении санитарно-микробиологического состояния самым неблагополучным районом оказалась акватория напротив Театральной площади (б. Култушная), куда поступают стоки от мехзавода, из оз. Култушного и из одного из городских коллекторов. Здесь была зарегистрирована самая высокая концентрация микроорганизмов (рис. 10А), кишечной палочки (рис. 10Б) и условно-патогенных для рыб бактерий — *Pseudomonas* spp. (рис. 10Г).

Отметим некоторые сезонные особенности в распространении микроорганизмов. Максималь-

ные концентрации в воде бактерий группы кишечной палочки приходились на лето и осень и были приурочены к прибрежным станциям, граничащим с населенными берегами (рис. 10Б). Потенциально опасный патоген *Vibrio* spp. был найден только летом и осенью и только в придонном слое у входа в б. Крашенинникова, в районе устья р. Авачи, у входа в б. Раковую и на выходе из Авачинской губы (рис. 10В). *Pseudomonas* spp., напротив, был обнаружен в основном весной у устья



Рис. 9. Сезонная изменчивость численности и биомассы зоопланктона в Авачинской губе в апреле–октябре 2013 г.

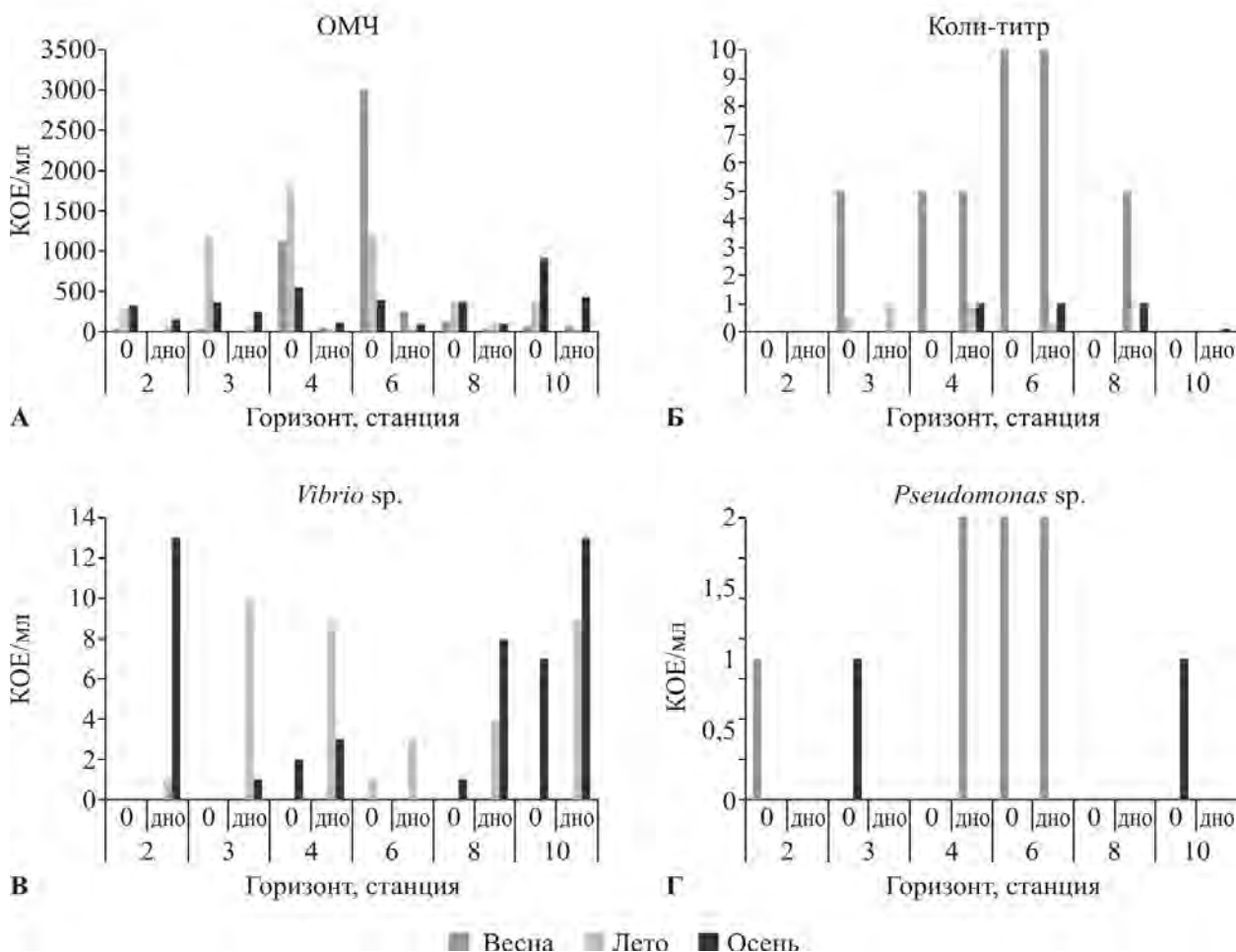


Рис. 10. Санитарно-микробиологическое состояние Авачинской губы в 2013 г. Пояснения в тексте

р. Авачи и в б. Култушной (рис. 10Г). Причины такого распределения еще предстоит выяснить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор экологической изученности Авачинской губы показал, что, несмотря на важное рекреационное и рыбохозяйственное значение этого водоема, его экологические исследования проводили лишь эпизодически и бессистемно (за исключением макрофитобентоса), а имеющиеся данные по гидрохимическому фону, содержанию загрязняющих веществ и состоянию водного населения губы сейчас в значительной мере устарели. Результаты комплексных исследований КамчатНИРО в 2013 г. позволили получить новые данные по сезонной динамике гидрологических, гидрохимических, гидробиологических (фито- и зоопланктон) и санитарно-микробиологических характеристик Авачинской губы.

Прогрев воды в Авачинской губе в 2013 г. начался в середине мая, а максимальных значений достиг в июле–августе, далее началось осеннее выхолаживание. С началом летнего паводка на реках Авача и Паратунка в середине июня поверхность губы начала опресняться, однако мощность опресненного слоя не превышала 2 м, а существовал он не более месяца (конец июня – конец июля). Отмечено, что в последние десятилетия (начиная с 1982 г.) летний прогрев воды в Авачинской губе неуклонно увеличивался, а тренды температуры воды на поверхности имеют положительную направленность.

В весенний период 2013 г. в водах Авачинской губы азот и фосфор были представлены минеральными соединениями. С началом прогрева и во время паводка в губу усиливается приток органического вещества, прежде всего абиогенного (что связано с увеличением стока), а возможно, и биогенного происхождения (например, с мигрирующими тихоокеанскими лососями). Сравнение результатов, полученных в 2013 г., с архивными данными показало, что с 2003 г. содержание биогенных элементов, среднее для акватории Авачинской губы, изменилось незначительно.

В 2013 г., как и в конце 1980-х годов, в фитопланктоне Авачинской губы доминировали диатомовые микроводоросли, доля которых составляла более 90% от общей численности фитопланктона. Максимум развития фитопланктона приходился на осенний период.

Потенциально токсичные микроводоросли *Alexandrium tamarense*-complex (продуценты сакситоксина) и *Pseudo-nitzschia seriata*-complex (продуценты домоевой кислоты) обнаружены в водах губы (первый — в августе, второй — осенью) в концентрациях (1000 кл./л и 20 000 кл./л соответственно), при которых в Европе и Америке вводится токсикологический контроль морепродуктов (Anderson, 1996).

Доминирующий комплекс зоопланктона предположительно остался неизменным с 1988 г. Как и в 1980-е годы, в планктоне доминировали ракообразные (копеподы) и личинки полихет, однако в 2013 г. в составе планктонного сообщества увеличилось представительство коловраток. В 2013 г. максимум развития зоопланктона наблюдали в начале (июнь), а минимум — в середине лета (июль).

По санитарно-микробиологическим показателям наиболее неблагоприятной акваторией Авачинской губы в 2013 г. была б. Култушная, омывающая центральный городской пляж. Именно здесь отмечена повышенная концентрация микроорганизмов, кишечной палочки и патогенов, опасных для рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. 1973. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат. 269 с.
- Архипова Е.А. 1998. Экология морских ежей *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Muller) в Авачинской губе / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 55–64.
- Березовская В.А. 1988. Гидрохимический режим Авачинской губы: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону. 25 с.
- Березовская В.А. 1999. Авачинская губа. Гидрохимический режим, антропогенное воздействие. Петропавловск-Камчатский: КГАРФ. 156 с.
- Березовская В.А. 2002. Воздействие загрязнения на таксономический состав флоры Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) // Водн. хоз-во России. Т. 4, № 6. С. 507–515.
- Березовская В.А. 2003. О возможности использования макрофитобентоса при оценке экологического состояния морских побережий // Водн. хоз-во России. Т. 5, № 2. С. 117–126.
- Березовская В.А., Клочкова Н.Г. 1998. Содержание кислорода, биогенных и загрязняющих веществ в

- воде Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 19–26.
- Березовская В.А., Ляндзберг Р.А.* 1998. Влияние речного стока на экологию Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 79–84.
- Василец П.М., Карпенко В.И., Максименков В.В.* 1998. Некоторые сведения об ихтиофауне Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 65–70.
- Виноградов К.А.* 1949. О сезонных изменениях состава ихтиофауны Авачинской губы (Восточная Камчатка) // Зоол. журнал. Т. 28. Вып. 6. С. 573–574.
- Воронихин Н.Н.* 1914. Морские водоросли Камчатки / Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского. Ботанический отдел. Вып. II. Ред. А.А. Еленкина. С. 472–524.
- Гидробиологические исследования в Авачинской губе. 1989. Сб. науч. тр. Владивосток: ДВО АН СССР. 36 с.
- Гидрометеорологический режим Авачинского залива и бухт Юго-Восточной Камчатки. 1943. Архив КУГМС (авт. И.Ф. Баранов). Главное управление гидрометеорологической службы СССР, Петропавловская морская обсерватория. 147 с.
- Глезер З.И., Макарова И.В., Моисеева А.И., Николаев В.А.* 1988. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II. Вып. 1. Л.: Наука. 116 с.
- Гогорев Р.М., Орлова Т.Ю., Шевченко О.Г., Стожник И.В.* 2006. Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. Т. II. Вып. 4. СПб.: С.-Петербург. ун-т. 180 с.
- Данилин Д.Д.* 2013. Двустворчатые моллюски северо-западной части Авачинской губы (Восточная Камчатка) / Тез. докл. XIV Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», посвящ. 100-летию со дня рожд. д.б.н., проф. В.Я. Леванидова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 258–261.
- Дитмар К.* 1901. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851–1855 гг.: Ч. 1: Истор. отчет по путевым дневникам. СПб.: Тип. Имп. Акад. наук. 756 с.
- Дмитриев В.Д., Ежов Б.В.* 1977. К вопросу о происхождении Авачинской губы // Вопр. географии Камчатки. Вып. 7. С. 45–48.
- Еленкин А.А.* 1914. Морские перидинеи и диатомовые Камчатки / Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского. Ботанический отдел. Вып. II. Ред. А.А. Еленкина. С. 403–448.
- Зорина Л.Г., Каплин Ю.М., Саенко Г.Н., Карякин А.В.* 1993а. Концентрирование микроэлементов мидиями Авачинского залива // Океанология. Т. 33, № 5. С. 692–694.
- Зорина Л.Г., Саенко Г.Н., Карякин А.В., Каплин Ю.М.* 1993б. Металлы в некоторых видах бурых водорослей Авачинского залива // Океанология. Т. 33, № 6. С. 878–881.
- Иванюшина Е.А.* 1998. Изменения в бентосе Авачинской губы под влиянием антропогенного загрязнения // Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 47–54.
- Ивашищев Н.А.* 2007. Русские кругосветные путешествия с 1803 по 1849 гг. // Вопр. истории Камчатки. Петропавловск-Камчатский. Вып. 3. 472 с.
- Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. 1982. Владивосток: ТИНРО. 29 с.
- Кавун В.Я., Христофорова Н.К.* 2001. Долговременный контроль за уровнем содержания кадмия в мягких тканях *Mytilus trossulus* из прибрежных вод Авачинской губы / Сб. матер. II науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 174–176.
- Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* 2001. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. Владивосток: Дальнаука. 208 с.
- Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А.* 1998. Долговременные изменения растительных сообществ и флоры макрофитов в Авачинской губе / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 27–38.
- Кондратюк В.И., Литовка А.В.* 1985. 50 лет Камчатскому УГКС // Вопр. географии Камчатки. Вып. 9. С. 157–162.
- Коновалова Г.В.* 1989. «Красные приливы» — показатель эвтрофикации прибрежных вод Восточной Камчатки. Настоящее и будущее // Матер. V регион. науч. конф. «Рациональное использование ресурсов Камчатки, прилегающих морей и развитие производительных сил до 2010 г.». Т. 1. С. 49–51.
- Коновалова Г.В.* 1995. «Красные приливы» у Восточной Камчатки (Атлас-справочник). Петропавловск-Камчатский: Камшат. 56 с.
- Коновалова Г.В.* 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных

акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 300 с.

Коновалова Г.В. 2002. Основные компоненты микропланктона Авачинской губы (Камчатка) / Матер. III науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (27–28 ноября 2002 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 55–57.

Коновалова Г.В. 2004. Планктонная флора прибрежных вод Восточной Камчатки. Жгутиковые водоросли // Тр. Камч. филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН. Вып. VI. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатн. двор. С. 131–182.

Коновалова Г.В. 2006. Планктонная флора прибрежных вод Восточной Камчатки. Жгутиковые водоросли. II // Тр. Камч. филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН. Вып. V. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатн. двор. С. 8–23.

Коновалова Г.В., Куликова В.А., Саматов А.Д., Солохина Е.В. 1989а. Экологический мониторинг планктонного сообщества Авачинской губы // Матер. V регион. науч. конф. «Рациональное использование ресурсов Камчатки, прилегающих морей и развитие производительных сил до 2010 г.». Т. 1. С. 46–48.

Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989б. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука. 160 с.

Коновалова Г.В., Селина М.С. 2010. Динофитовые водоросли (Dinophyta). Владивосток: Дальнаука. 362 с.

Копылов Б.И., Павлов В.П. 1998. Экология Авачинской губы: источники загрязнения, проблемы, решения, перспективы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 11–18.

Куренков И.И. 1974. Красный прилив в Авачинской бухте // Рыб. хоз-во. № 4. С. 20–21.

Лепская Е.В. 2009. К проблеме мониторинга потенциально токсичных и токсичных микроводорослей в планктоне Авачинской губы // Основные направления социально-экономического и демографического развития Камчатки, повышение качества жизни и качества образования: Матер. 1-й науч.-практич. конф. в рамках программы «Рыбаки — городу, город — рыбацким семьям» (9–11 декабря 2008 г.). Отв. ред. Н.Г. Клочкова. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 42–45.

Лоция Берингова моря. Часть I. Восточный берег Камчатки. 1959. Картфабрика ВМФ. 248 с.

Макарова И.В., Стрельникова Н.И., Козыренко Т.Ф., Гладенков А.Ю., Жаковщикова Т.К., Казарина Г.Х., Николаев В.А., Потапова М.Г. 2002. Диатомовые водоросли России и сопредельных стран. Ископаемые и современные. Т. II. Вып. 3. СПб.: С.-Петербург. ун-т. 112 с.

Муравьев Я.Д. 1998. Краткий физико-географический очерк Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 7–10.

Овсянникова К.С. 2006. Массовое развитие зеленых водорослей на литорали Авачинской губы летом 2006 г. / Тез. докл. VII Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», посвящ. 25-летию организации Камчатского отдела Института биологии моря. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 284–285.

Орлова Т.Ю., Коновалова Г.В., Ошурков В.В. 1985. «Красный прилив», вызванный цветением *Mesodinium rubrum*, в Авачинской губе // Биол. моря. № 6. С. 54–61.

Очеретяна С.О., Клочкова Н.Г. 2010. Позднеосенний состав зеленых эфемерных водорослей в районах бункеровок флота в Авачинской губе (Юго-Восточная Камчатка) // Вестник Камчатского государственного технического университета. Вып. 11. С. 58–65.

Савич В.П. 1914. Альгологический обезд Авачинской губы в мае 1909 г. / Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского. Ботанический отдел. Вып. II. Ред. А.А. Еленкина. С. 449–472.

Саматов А.Д., Саматова И.Н. 2000. Сезонная изменчивость океанологических параметров и показателей обилия планктона Авачинской губы / Тез. докл. Междунар. конф. «Проблемы гидроэкологии на рубеже веков». СПб.: ЗИН РАН – РГО. С. 158–160.

Саматов А.Д. 2000. Пространственно-временная изменчивость зоопланктона Авачинской губы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 25 с.

Сафронов С.Г. 1998. К вопросу исследования Авачинской губы как нагульного водоема тихоокеанских лососей / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 71–77.

Сгибнев А.С. 2006. Исторический очерк главных событий в Камчатке с 1650 по 1856 гг. // Вопр. истории Камчатки. Петропавловск-Камчатский. Вып. 2. 483 с.

- Селиванова О.Н. 1998. Поглощение токсических элементов некоторыми бурыми водорослями из загрязненных участков Авачинской губы / Сб. науч. статей по экологии и охране окружающей среды Авачинской бухты. Петропавловск-Камчатский : Токио. С. 39–46.
- Солохина Е.В. 2003. Видовой состав, динамика и распределение зоопланктона Авачинской губы (Восточная Камчатка) и лагуны Гладковская (Командорские о-ва): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 20 с.
- Токранов А.М., Шейко Б.А. 2002. Изучение ихтиофауны Авачинской бухты в XX в. / Матер. XIX Крашенинниковских чтений. С. 117–121.
- Токранов А.М., Транбенкова А.Г., Шейко Б.А. 2000. Современный состав ихтиофауны Авачинской губы / Матер. регион. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (11–12 апреля 2000 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 141–142.
- Транбенкова А.Г. 1999. Изменение ихтиофауны Авачинской губы как следствие антропогенного воздействия / Матер. студ. эколог. конф. «Экологические проблемы Северной Пацифики» (15–17 апреля 1999 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 100–103.
- Трофимов И.К. 2006. Промысел сельди *Clupea pallasii* озер Нерпичье, Калыгирь и Виллюй (Восточная Камчатка) // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 147. С. 75–80.
- Федорченко В.П., Макаров Е.О., Клочкова Н.Г. 2011. О возможности использования *Saccharina bongardiana* (Phaeophyta, Laminariales) в качестве индикатора металлического загрязнения морских прибрежных вод Камчатки // Вестник Камчатского государственного технического университета. Вып. 17. С. 101–106.
- Хайнасова Т.С. 2006. Зеленые водоросли (Chlorophyta) во флоре Авачинской губы // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Тез. докл. VII Междунар. науч. конф., посвящ. 25-летию организации Камчатского отдела Института биологии моря. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 252–255.
- Христофорова Н.К., Малиновская Т.М., Селиванова О.Н. 2001. Оценка химико-экологического состояния Авачинской губы по содержанию тяжелых металлов в фукусовых водорослях / Сб. матер. II науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 191–193.
- Чернавская В.Н. 2006. Россия на Тихом океане, XVIII – первая половина XIX века. Владивосток: Дальнаука. 256 с.
- Чуян Г.Н., Селиванова О.Н., Лупкина Е.Г., Быкасов В.Е. 2001. Долговременное захоронение поллютантов в природных осадках и их влияние на бентосную растительность Авачинской губы / Сб. матер. II науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 166–167.
- Anderson P. 1996. Design and Implementation of some harmful algal monitoring systems // Intergovernmental Oceanographic Commission. V. 44. 102 p.
- Identifying marine diatoms and dinophlagellates. 1996. Ed. by Carmelo R. Tomas. London: Academic press, INC. 589 p.
- Popov A.M. 1933. Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamchatka // Copeia. No 2. P. 59–67. <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2003>.
- <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2004>.
- <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2005>.
- <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2006>.
- <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2008>.
- <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2009>.
- <http://www.oceanography.ru/index.php/ru/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-58-21/149--2010>.