

КОРЕНЕВА ТАТЬЯНА ГЕОРГИЕВНА

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛИВА АНИВА
(ОХОТСКОЕ МОРЕ) ПО ФИТОПИГМЕНТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ**

Специальность 03.02.08 – Экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении
«Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(ФГБНУ «СахНИРО»)

Научный руководитель: **Кондратьева Любовь Михайловна**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрогеологии Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВЭП ДВО РАН)

Официальные оппоненты: **Сигарева Любовь Евгеньевна**, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории альгологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (ИБВВ РАН)

Захарков Сергей Петрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории палеоокеанологии Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сахалинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «СахГУ»), г. Южно-Сахалинск

Защита диссертации состоится 17 октября 2017 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д212.056.02 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» по адресу: 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус 24 (А), 11 уровень, зал заседаний диссертационных советов.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус 20, каб. В729, Диссертационный совет Д212.056.02.

E-mail: dissovet-ecologydvfu@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) (г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус 24 (А), 10 уровень), а также на сайте ДВФУ: <http://www.dvfu.ru/science/dissertation-tips/thethesis/index.php>
<https://www.dvfu.ru/science/dissertation-tips/the-thesis/>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Е.В. Журавель

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Сохранение стабильного функционирования прибрежных морских экосистем, испытывающих высокую антропогенную нагрузку и вызывающих большой интерес в связи с использованием их биологических ресурсов, является важнейшей экологической проблемой.

Залив Анива – один из наиболее биопродуктивных районов южного Сахалина. Строительство объектов нефтегазоперерабатывающего комплекса и инфраструктуры в его прибрежной зоне, запуск крупнейшего в мире завода по переработке сжиженного природного газа (СПГ) в 2009 г. создали риск загрязнения нефтепродуктами ценной рыбопромысловой акватории и несут в себе угрозу дальнейшему развитию рыбного хозяйства, являющегося одной из приоритетных отраслей экономики Сахалинской области^{1, 2}. В условиях возрастающего антропогенного пресса на залив и экономических трудностей в организации регулярных комплексных исследований вопросы совершенствования способов мониторинга и поиск новых методов оценки состояния компонентов его экосистемы становятся все более актуальными.

Оценку экологического состояния водных экосистем проводят по ряду гидрохимических и гидробиологических показателей, основными из которых являются: содержание биогенных элементов, биомасса и видовой состав фитопланктона, продукция органического вещества и концентрация хлорофилла *a* – основного пигмента микроводорослей³. В настоящее время широкое применение находят видоспецифические пигменты фитопланктона и соотношения пигментов, дающие представление о механизме взаимодействия продукционных и деструкционных процессов, что придает им значение интегральных экосистемных показателей⁴.

Актуальность использования комплекса пигментных характеристик для изучения состояния водных объектов связана с чрезвычайной чувствительностью фитопланктона к загрязнению компонентов морских экосистем и обусловлена их высокой информационной значимостью, оперативностью и простотой определения пигментов^{5, 6}.

¹ Христофорова, Н.К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток – Приморье: учеб. пособие / Н.К. Христофорова. – Владивосток, Хабаровск: Хабаровск. книжн. изд-во, 2005. – 304 с.

² Мещерин, И.В. Анализ технологий получения сжиженного природного газа в условиях арктического климата / И.В. Мещерин, А.Р. Настин // Труды РГУ Нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2016. – № 3 (284). – С. 144–157.

³ Окснюк, О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Окснюк, В.Н. Жукинский, Л.П. Брагинский [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29, Вып. 4. – С. 62–67.

⁴ Сигарева, Л.Е. Хлорофилл в донных отложениях волжских водохранилищ / Л.Е. Сигарева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 217 с.

⁵ Takaichi, S. Carotenoids in Algae: Distributions, Biosyntheses and Functions / S. Takaichi // Mar Drugs. – 2011. – V9, (6). – P. 1101–1118.

Комплексное исследование пигментных характеристик фитоценоза залива Анива позволяет оценить интенсивность развития, определить состав и физиологическое состояние водорослей – основного звена первичной продукции и выявить особенности функционирования фитопланктона в различных экологических условиях.

Некоторые данные о содержании хлорофилла *a* в водах залива Анива приведены в работе Л.Н. Пропп и Л. Ю. Гавриной⁷, а сведений о видоспецифичных фитопигментах и пигментах в донных отложениях нами не встречено. Недостаточная освещенность этого вопроса послужила основой для постановки цели настоящего исследования.

Цель исследования – выявить особенности и закономерности пространственно-временной изменчивости фитопигментных характеристик залива Анива (Охотское море) под влиянием природных и антропогенных факторов для оценки современного состояния его экосистемы и прогнозирования экологических рисков.

Задачи:

1. Исследовать сезонную динамику и пространственное распределение пигментов фитопланктона (хлорофиллов, каротиноидов, феофитина) и их соотношений в заливе Анива (Охотское море) и выявить корреляционные связи с гидролого-гидрохимическими параметрами.

2. Оценить уровни содержания, состав и пространственную изменчивость пигментов донных отложений. Выявить связь между пигментными характеристиками, абиотическими факторами (глубина, температура, соленость, рН) и физико-химическими свойствами донных отложений.

3. Рассчитать продукционные характеристики акватории залива Анива на основе содержания хлорофилла *a*, оценить его трофический статус и провести экологическое районирование.

Защищаемые положения:

1. Пигментные характеристики фитопланктона подвержены значительной пространственно-временной изменчивости, обусловленной гидролого-гидрохимическими условиями на разных участках залива Анива. Многолетняя динамика фитопигментов в весенний период отражает устойчивое функционирование экосистемы залива Анива. В осенний период хлорофилл *a*, поступающий в донные отложения, вовлекается в процессы деструкции

⁶ Минеева, Н.М. Растительные пигменты как показатели биомассы фитопланктона / Н.М. Минеева // Альгология. – 2011. – Т. 21, № 3. – С. 385–395.

⁷ Пропп, Л.Н. Сезонные вариации соединений биогенных элементов и продукционных характеристик в водах залива Анива по результатам экспедиционных исследований 2001–2002 гг. / Л.Н. Пропп, Л.Ю. Гаврина // Труды СахНИРО. – 2005. – Т. 7. – С. 111–155.

наиболее активно, а каротиноиды и феофитин характеризуются высокой устойчивостью к деградации.

2. Уровень содержания хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона характеризует залив Анива как олиготрофно-мезотрофную экосистему. Хлорофиллы (*a*, *b*, (*c1+c2*)) и каротиноиды являются объективными биоиндикаторами экологического состояния и трофического статуса залива Анива. Фитопигментные характеристики могут быть использованы при районировании прибрежных морских акваторий и мониторинге зон повышенного экологического риска.

Научная новизна. Впервые, на основании результатов многолетних исследований, получено целостное представление о сезонной, межгодовой и пространственной динамике пигментных характеристик фитопланктона залива Анива, выделены зоны с повышенной продуктивностью. Для оценки трофического статуса, экологического мониторинга и районирования прибрежных морских акваторий рекомендованы индикаторные фитопигменты – хлорофиллы и каротиноиды. С помощью корреляционного анализа выявлены закономерности пространственно-временного распределения пигментов фитопланктона в зависимости от абиотических факторов, включая глубину фотического слоя. Показано, что пигментные характеристики залива Анива более чувствительны по сравнению с гидрохимическими показателями, отражая начало изменений в структуре фитоценоза после запуска завода по сжижению природного газа.

Выявленная корреляционная связь фитопигментов со свойствами донных отложений позволяет использовать пигменты в качестве интегральных биоиндикаторов для характеристики экологического состояния залива.

Практическая значимость. Результаты исследований представляют практический интерес для организации системы постоянного экологического мониторинга нефтегазоперерабатывающими компаниями. Полученные результаты и выявленные закономерности пространственно-временного распределения фитопигментов позволяют прогнозировать зоны повышенного экологического риска при разливах нефтепродуктов; оперативно и менее трудоемко, по сравнению с другими методами биоиндикации, проводить оценку экологического состояния акватории залива в чрезвычайных ситуациях.

Приведенные в работе данные могут быть использованы для построения математических моделей по оценке изменения экологического состояния заливов Сахалина и прибрежных морских акваторий под воздействием природных и антропогенных факторов. Накопленная база данных по уровням содержания хлорофилла *a* может служить основой для выделения зон повышенной продуктивности в акватории залива Анива.

Согласно проведенному экологическому районированию рекомендуется включить в список параметров мониторинга в зоне влияния завода по сжижению природного газа анализ

содержания хлорофиллов, каротиноидов и феофитина в фитопланктоне с целью предотвращения возможных рисков для гидробионтов.

Достоверность результатов проведенных исследований и выводов, содержащихся в диссертационной работе, подтверждается их согласованностью с известными теоретическими и экспериментальными данными, обеспечивается объемом отобранных проб, выполнением аналитических работ на базе аккредитованной лаборатории, статистической обработкой данных с применением корреляционного и факторного анализов.

Апробация работы. Основные результаты исследований представлены и обсуждены на Всероссийских и Международных научных конференциях: «Материалы IX дальневосточной конференции по заповедному делу», 2010 г. (Владивосток); «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки», 2011 г. (Южно-Сахалинск); «Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова», 2011, 2014 г. (Владивосток); на регулярных встречах ученых ФГУП «СахНИРО» (Россия) и Департамента исследований рыбного хозяйства научно-исследовательской организации Хоккайдо (Япония) в 2011–2015 гг. Результаты исследования получены в рамках программ ФГБНУ «СахНИРО» (Сахалин, Россия) и HRO/FRD (Хоккайдо, Япония), а также при выполнении проектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, из них 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из пяти глав, заключения, выводов, списка литературы (включающего 257 источников, в том числе 106 иностранных) и приложения. Диссертация изложена на 153 страницах машинописного текста, содержит 27 таблиц и 42 рисунка.

Личный вклад. Диссертант лично участвовал в экспедиционных и лабораторных исследованиях, проведении химических и гидробиологических анализов, в обработке и обобщении результатов, подготовке материалов научных конференций, публикаций и иллюстрационного материала и формулировке выводов диссертации.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность за всестороннюю помощь, ценные советы и поддержку при подготовке диссертационной работы научному руководителю – профессору, д.б.н. Л.М. Кондратьевой и благодарен к.б.н. С.Е. Сиротскому за рекомендации в проведении исследований и научные консультации. Особая благодарность к.б.н. Е.М. Латковской за организацию работ, ценные рекомендации и сотрудничество при подготовке совместных публикаций; всем сотрудникам ЛИСМАВ ФГБНУ «СахНИРО», участвовавшим в отборе и обработке проб, и лично Д.Р. Файзулину за помощь в построении карт с использованием программы ArcGIS 9.3.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Роль фитопигментов в оценке экологического состояния водных экосистем (обзор литературы)

В главе представлен анализ литературных источников о возможности использования пигментных характеристик фитопланктона в гидробиологических и экологических исследованиях. Отмечена связь между хлорофиллом *a* и показателями продуктивности водных экосистем; рассмотрено информационное значение состава, содержания и пространственно-временного распределения фитопигментов; показана роль пигментного индекса (ПИ) и пигментных соотношений в оценке уровня функциональной активности и видового разнообразия фитопланктона. Показано, что наиболее распространенным на современном этапе является спектрофотометрический метод определения пигментов. Представлен анализ работ по экологическому исследованию прибрежных акваторий Охотского моря и залива Анива.

Глава 2 Объект, материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были использованы пигменты фитопланктона и фитобентоса (Хл *a*, Хл *b*, Хл (*c1+c2*)), каротиноиды (К) и феофитин (Ф) в пробах, отобранных на разных участках залива Анива. Для оценки функциональной активности планктона применяли ПИ (D430/D664) и пигментные соотношения (К/Хл *a*+Ф и Ф_а/Хл *a*+Ф). Принимали во внимание, что значение ПИ от 1 до 2 наблюдается во время цветения водорослей и в молодых планктонных сообществах, а более 2 – при ухудшении их «физиологического состояния»⁸. Пигментные соотношения использовали как маркеры состояния сообщества и динамики гетеротрофного и автотрофного метаболизма⁹. Величину первичной продукции (ПП) фитопланктона в поверхностном горизонте и в толще воды рассчитывали по концентрации хлорофилла *a*^{10, 11}.

Пробы были отобраны во время сезонных комплексных экспедиций со стандартных глубин: в 2003 г. – в прибрежной части залива в районе строительства инфраструктуры завода СПГ и в районе дампинга грунта; в 2005-2013 гг. – на 24 станциях 4-х разрезов (рис. 1). Периоды выполнения съемок, параметры и количество проб представлены в Таблице 1.

⁸ Margalef, R. Correspondence between the classic types of lakes and the structural and dynamic properties of their population / R. Margalef // Verh. Internat. Verein Limnol. – 1964. – Vol. 15, P. 1. – P. 169–175.

⁹ Сигарева, Л.Е. Значимость пигментных характеристик фитопланктона при оценке качества воды / Л.Е. Сигарева, О.А. Ляшенко // Водные ресурсы. – 2004. Т 31, № 4. – С. 475–480.

¹⁰ Шемшура, В.Е. Оценка первичной продукции (ПП) морского фитопланктона по хлорофиллу *a*, относительной прозрачности и спектрам восходящего излучения / В.Е. Шемшура, З.З. Финенко, З.П. Бурлакова [и др.] // Океанология. – 1990. – Т. 30, Вып. 3. – С. 479–485.

¹¹ Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового Океана / В.В. Сапожников (ред.). – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – С. 134–169.

Анализы проводили на базе аккредитованной лаборатории ФГБНУ «СахНИРО». Определение концентрации фитопигментов осуществляли спектрофотометрическим методом по ГОСТ 17.1.4.02, температуру и соленость измеряли при помощи зонда ICTD № 1356 фирмы FSI, величину pH – потенциометрическим методом по РД 52.10.735, процент насыщения воды растворенным кислородом рассчитывали по таблицам Грина-Кэррита после измерения его концентрации титриметрическим методом (РД 52.10.736), содержание биогенных элементов определяли спектрофотометрическим методом (РД 52.10.738; РД 52.10.739; РД 52.10.740; РД 52.10.744; РД 52.10.745; РД 52.10.772). Для оценки корреляционной связи между двумя показателями и в случае нелинейной модели использовали коэффициент аппроксимации (R^2). Линейную зависимость между тремя и более параметрами оценивали с помощью коэффициента корреляции (r).

Таблица 1 – Периоды выполнения съемок, параметры и количество проб

Год	Периоды съемки	Параметры	Кол-во проб (вода/донные отложения)
2003	Апрель, июнь, август, октябрь, ноябрь	Фитопигменты (хлорофиллы, каротиноиды, феофитин), температура, соленость, pH, растворенный кислород, биогенные элементы	167
2005	Май		31
2007	Июль		41
2009	Апрель, июнь, июль, август–сентябрь, октябрь		532
2012	Май, июль		247
2013	Май, июнь, октябрь-ноябрь		349/22
Всего	1367 проб / 10958 исследований		

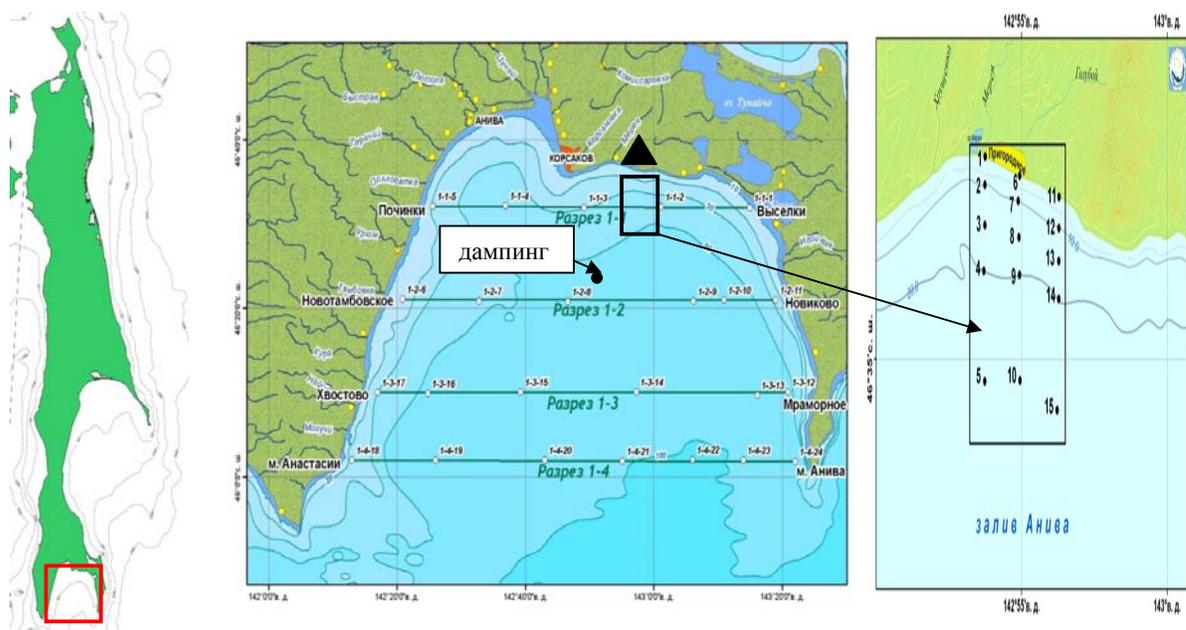


Рисунок 1 – Карта-схема станций отбора проб в заливе Анива (далее по тексту и на рисунках индексы станций указаны по последней цифре, ▲ завод СПГ)

Глава 3 Пространственно-временная динамика пигментных характеристик фитопланктона залива Анива

По результатам исследований фитопигментов в 2003–2007 и 2012 гг. было установлено, что максимальное содержание Хл *a*, Хл (*c1+c2*) и К характерно для ранневесеннего периода (табл. 2)

Таблица 2 – Содержание пигментов в фитопланктоне залива Анива в 2003–2007 и 2012 гг., мкг/дм³

Год	Месяц	Хл <i>a</i> (Хл <i>a</i> +Ф <i>a</i>)	Хл <i>a</i> _{чист.}	Хл <i>b</i>	Хл (<i>c1+c2</i>)	Ф	К
2003	Апрель	0,06–12,14	<0,02–11,01	0,05–1,18	0,06–2,30	<0,02–5,49	<0,02–6,79
	Июнь	<0,02–10,65	0,08–7,89	0,03–1,31	0,02–5,25	0,04–6,02	0,11–9,84
	Август	<0,02–3,08	<0,02–1,96	<0,02–2,74	<0,02–0,65	<0,02–2,37	0,10–2,84
	Октябрь	0,02–4,29	<0,02–1,42	<0,02–0,59	0,02–0,83	<0,02–6,55	-*
	Ноябрь	<0,02–1,12	0,11–1,05	<0,02–0,22	<0,02–0,36	0,08–1,64	0,13–1,01
2005	Май	<0,02–1,87	<0,02–1,37	<0,02–4,06	0,03–1,99	<0,02–0,85	-
2007	Июль	0,09–2,55	<0,02–2,23	<0,02–0,31	<0,02–2,20	<0,02–2,06	<0,02–2,22
2012	Май	0,37–12,65	<0,02–10,17	<0,02–0,95	<0,02–2,85	<0,02–8,12	0,13–7,58
	Июль	0,02–3,68	<0,02–3,22	<0,02–1,05	<0,02–1,12	<0,02–3,66	<0,02–4,40

*не определяли

Более полные съемки в рамках комплексных исследований с учетом гидрологических сезонов были проведены в 2009 и 2013 гг. после запуска завода СПГ. Гидрологические условия, сложившиеся в 2009 г., были типичными для залива¹², тогда как осенью 2013 г. наблюдали существенные отрицательные аномалии температуры и солености в восточной части его акватории¹³, обусловленные влиянием водных масс Охотского моря, распресненных стоком р. Амур. Для гидрохимических условий залива Анива было характерно повышенное содержание нитратов и фосфатов в апреле 2009 г., связанное с их зимним запасом. Концентрация биогенных элементов в мае–июне снижалась, что обусловлено их утилизацией фитопланктоном в процессе фотосинтеза, а рост значений в конце лета и осенью связан с минерализацией органических веществ, накопленных за период вегетации (рис. 2).

Максимальные уровни концентрации Хл *a* в сумме с феофитином (27,3 мкг/дм³), «чистого» Хл *a* (23,5 мкг/дм³), Хл (*c1+c2*) (4,8 мкг/дм³), каротиноидов (17,7 мкг/дм³) и феофитина (16,9 мкг/дм³) обнаружены на глубине 30 м в начале весны, минимальные (<0,02 мкг/дм³) – в летне-осенний период на поверхности и у дна (табл. 3). Содержание Хл *b* достигало наибольших значений на глубине 20 м летом. Установлена характерная особенность сезонной

¹² Кусайло, О.В. (отв. исп.). Особенности океанографических условий залива Анива в 2009 году: Материалы научно-исследовательской работы / отв. исп. О.В. Кусайло. – Ю-Сах: СахНИРО, 2009. – Арх. № 11124. – 106 с.

¹³ Низяев, С.А. (рук.). Современное состояние условий среды и кормовой базы залива Анива (промежуточный): Отчет о НИР / (рук.) С.А. Низяев. – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2015. – Арх. № 11960 н/а. – 199 с.

изменчивости пигментов в заливе – выраженный ранневесенний максимум в апреле–мае и относительная стабильность их содержания с июня по октябрь (рис. 3).

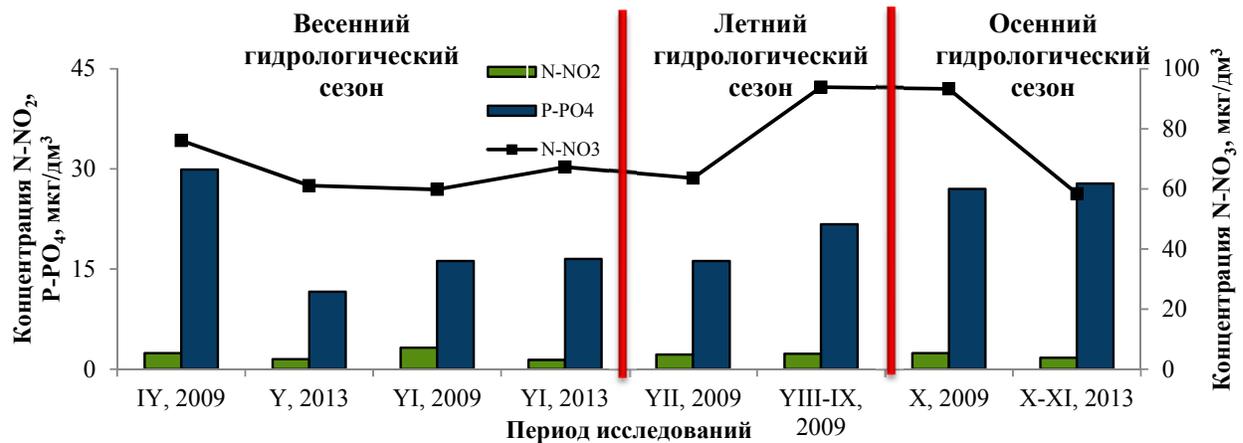


Рисунок 2 – Сезонная динамика средних значений концентрации биогенных элементов в водах залива Анива, 2009 и 2013 гг.

Таблица 3 – Содержание фитопигментов в водах залива Анива в 2009 и 2013 гг., мкг/дм³

Год	Период съемки	Хл а (Хл а+Ф а)	Хл а	Хл б	Хл (с1+с2)	Ф	К
2009	24–29 апреля	0,31–27,32	<0,02–23,50	<0,02–0,70	<0,02–4,84	0,10–16,95	0,46–17,66
	5–7 июня	0,06–2,96	<0,02–2,47	<0,02–0,36	<0,02–3,28	<0,02–1,53	0,12–3,12
	3–7 июля	<0,02–2,24	<0,02–1,95	<0,02–4,85	<0,02–1,14	<0,02–1,67	<0,02–2,16
	29 августа – 01 сентября	0,05–3,40	<0,02–2,93	0,02–0,54	0,02–0,73	0,02–3,11	0,05–3,05
	10–13 октября	0,02–4,33	<0,02–4,12	<0,02–0,32	<0,02–1,68	<0,02–1,23	0,05–3,32
2013	15–24 мая	0,15–10,62	0,02–7,18	<0,02–0,48	<0,02–2,48	0,12–5,93	0,15–10,01
	24–29 июня	0,10–15,26	<0,02–8,61	<0,02–0,71	<0,02–2,70	0,02–11,43	0,08–16,93
	29 октября – 01 ноября	0,08–1,46	<0,02–1,09	<0,02–0,57	<0,02–2,03	<0,02–1,15	0,10–1,36

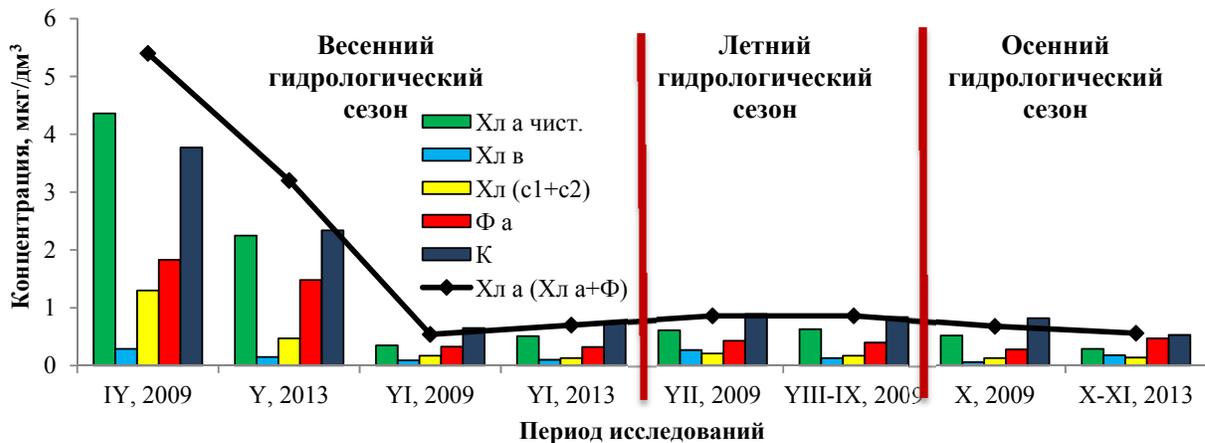


Рисунок 3 – Сезонная динамика средних значений концентрации фитопигментов в водах залива Анива, 2009 и 2013 гг.

Принимая во внимание относительную неустойчивость хлорофиллов¹⁴, для оценки экологического состояния залива использовали более стойкие пигменты – феофитин и каротиноиды. Установлено, что увеличение концентрации Φ сопровождается ростом содержания K . Из рисунка 4 видно, что величина коэффициента достоверности аппроксимации между содержаниями фитопигментов в конце весны 2013 г. ($R^2=0,93$) выше по сравнению с 2009 г. ($R^2=0,50$). Это связано с более активной деградацией хлорофилла в хорошо прогретых водах залива в 2013 г. ($5,1\pm 0,4$ °C, 2013 г. и $3,9\pm 0,3$ °C, 2009 г.).

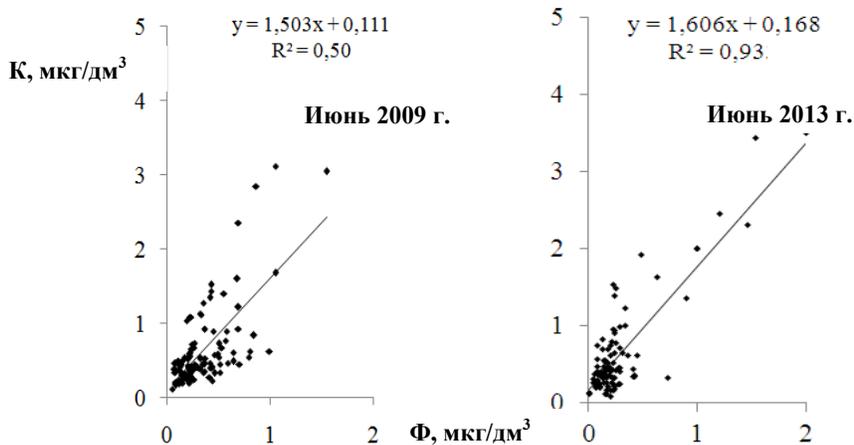
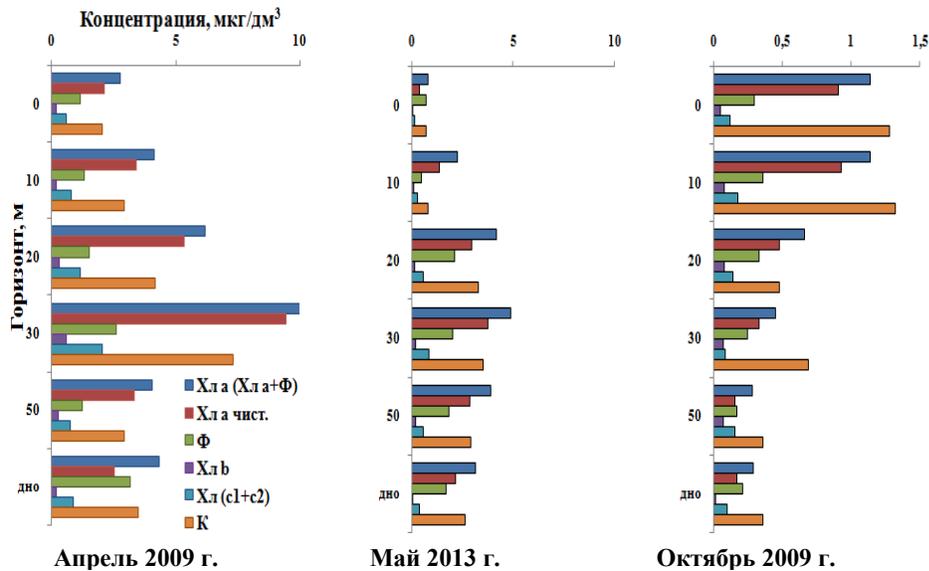


Рисунок 4 – Графики корреляционной зависимости между содержаниями каротиноидов (K) и феофитина (Φ) в весенний гидрологический сезон

Межгодовое сравнение абиотических параметров весной и осенью 2009 и 2013 гг. по критерию Стьюдента подтвердило их достоверное различие ($t_{\text{факт}} > t_{\text{крит.}}$ при $p < 0,05$). Установлено, что в весенний период гидролого-гидрохимические факторы оказывали влияние только на соотношении хлорофиллов, тогда как осенью наблюдали достоверное различие всех пигментных характеристик за исключением Хл ($c1+c2$), наличие которого характерно для осеннего «цветения» диатомовых водорослей. Изменение абиотических факторов оказывало существенное влияние на распределение пигментных характеристик в толще воды. Быстрая утилизация биогенных элементов в процессе фотосинтеза весной на поверхности была причиной концентрирования фитопланктона в глубинных слоях, богатых минеральными веществами. В апреле 2009 г. максимальные концентрации фитопигментов наблюдали на горизонте 30 м, в мае 2013 г. – на тех же глубинах, но максимумы были менее выражены (рис. 5). Осенью 2009 г. активность продукционных процессов была низкой, а повышенное содержание пигментов отмечено в поверхностном слое. Наиболее тесную связь между каротиноидами и феофитином ($R^2=0,85$) наблюдали весной на глубине 30 м с максимальной концентрацией всех фитопигментов. В придонном слое зависимость между пигментами сохранялась ($R^2=0,72$), а на поверхности, где их содержание достигало минимума, связь была выражена наиболее слабо ($R^2=0,45$).

¹⁴ Бульон, В.В. Содержание феофитинов в планктоне / В.В. Бульон // Гидробиологический журнал. – 1978. – Т.14, № 3. – С. 62–69.



Карты распределения величины пигментного индекса наглядно демонстрируют его значительную пространственную изменчивость на разных участках залива Анива и в сезонной динамике (рис. 6). Минимальные величины ПИ (2,04–2,11), свидетельствующие о сравнительно активном метаболизме водорослей, наблюдали в апреле 2009 г. на горизонте 30 м в центре залива и в его юго-западной части, а также на станции 8 (2,08). В июле после активного «цветения» водорослей и резкого увеличения концентрации продуктов трансформации хлорофиллов величина ПИ на большей части акватории залива возрастала (3,02–4,00). Относительно невысокие значения ПИ (2,41–2,60) были отмечены только в южной открытой части залива. В августе–сентябре наблюдали снижение значений ПИ в районе бухты Лососей (2,41–2,60), а также у мысов Анива и Анастасия (2,50–2,66), обусловленное ростом содержания хлорофилла в фитопланктоне вследствие улучшения его обеспеченности биогенными элементами (минерализация органических веществ, влияние вод Охотского моря). Осенью значения ПИ были максимальными (2,33–7,06). Области повышенной активности водорослей, приуроченные к наиболее низким значениям ПИ (2,33–2,64), были связаны с ростом концентрации минеральных веществ во время повышения гидродинамической активности водных масс (апвеллинг, речной сток) и разложения органических веществ, накопленных за вегетационный период. Корреляционный анализ подтвердил взаимосвязь между содержанием пигментов и некоторыми биогенными элементами в апреле–мае ($r=0,36-0,75$ при $p<0,05$, $n=112$), а смена знака коэффициента корреляции ($r=-0,37$ — $-0,63$) в период с июня по октябрь, свидетельствует об их использовании в процессе жизнедеятельности фитопланктона.

Таким образом, пигментные характеристики фитопланктона залива Анива подвержены значительной пространственно-временной изменчивости, обусловленной гидролого-гидрохимическими условиями на разных участках.

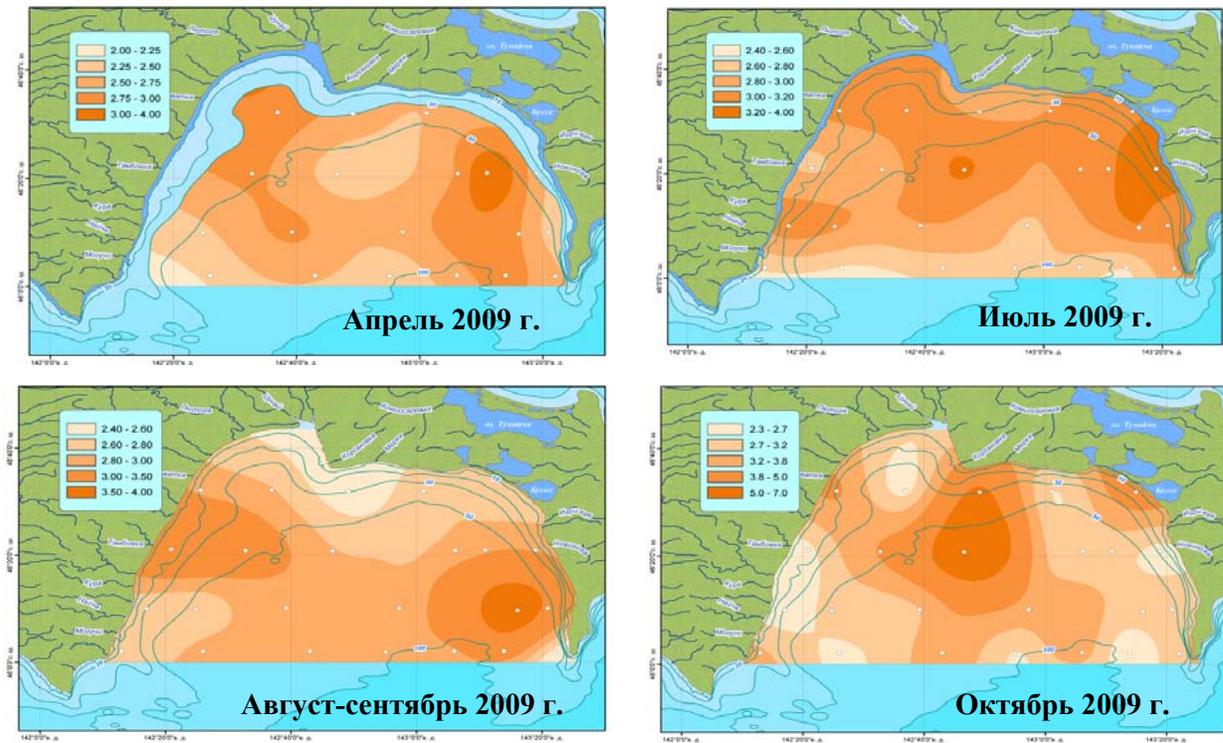


Рисунок 6 – Пространственно-временная динамика ПИ в заливе Анива, 2009 г.

Глава 4 Распределение пигментов в донных отложениях залива Анива в зависимости от абиотических факторов

В главе рассмотрено пространственное распределение пигментов в донных отложениях (ДО) залива в осенний период 2013 года. Установлено, что ДО мелководных и глубоководных станций различаются по гранулометрическому составу, содержанию органических веществ (ОВ) и влажности. Осадки мелководных станций западного и юго-восточного побережья залива представлены мелкозернистым песком и характеризуются минимальным содержанием ОВ (0,17–0,41 %) и низкой влажностью (7,0–13,6 %). Исключение составляли станции 5 и 18, расположенные в зоне влияния речных вод, где высокая доля ОВ (2,00 и 2,74 %, соответственно) и повышенная влажность (43,8 и 51,1 %) осадков были связаны с активным развитием бентосных водорослей в условиях поступления биогенных веществ с поверхностными водами. ДО глубоководных станций центральной и восточной части акватории сложены илами с максимальной долей ОВ (2,16–2,55 %) и высокой влажностью (42,7–48,8 %). Хл *a* в ДО находился в деградированном состоянии, на всех станциях залива преобладал продукт его разложения – феофитин (рис. 7а). Максимальному содержанию ОВ в ДО глубоководных станций (14–15, 19–24) соответствовали повышенные концентрации каротиноидов (15,16–19,43 мкг/г) и феофитина (11,25–15,66 мкг/г) (рис. 7б). Минимальному содержанию ОВ в ДО мелководных станций 1 и 6 соответствовали пониженные концентрации

К (5,28–7,48 мкг/г) и Ф а (4,51–10,28 мкг/г). Исключение составляли относительно мелководные станции 5 и 18 с высоким содержанием К (33,17 и 21,92 мкг/г) и Ф (19,82–22,31 мкг/г), входящих в состав ОВ. Хл ($c1+c2$) доминировал на большинстве станций, его доля от суммы хлорофиллов в среднем составляла 42 %, что свидетельствует о преобладающем вкладе диатомовых водорослей в фитобентосе залива.

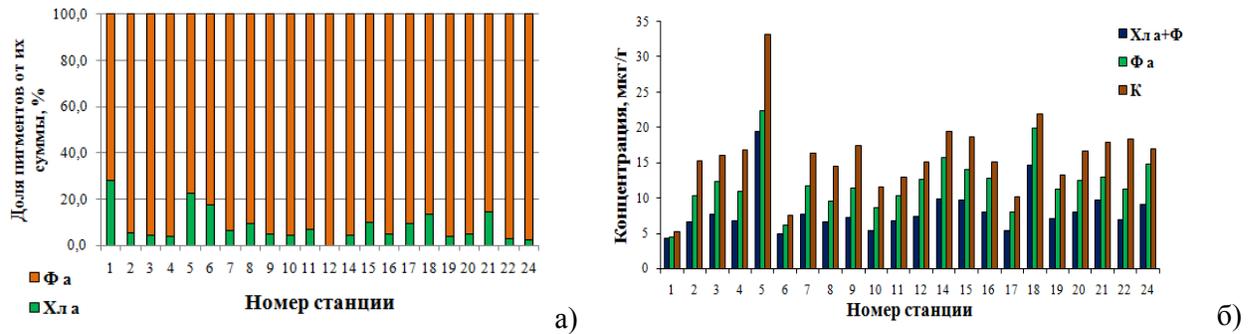


Рисунок 7 – Пигментные соотношения (а) и распределение концентрации хлорофилла (Хл а+Ф), феофитина (Ф) и каротиноидов (К) по станциям (б) в ДО залива Анива, 2013 г.

Установлено, что в осенний период содержание основных пигментов (Хл а+Ф), Хл *b*, Хл ($c1+c2$), К и Ф в осадках было сопряжено с влажностью и содержанием ОВ ($R^2=0,57-0,77$) (рис. 8), глубиной станции ($R^2=0,56-0,78$) и рН ($R^2=0,69-0,70$), а связь с температурой и соленостью отсутствовала. Корреляция между ОВ и глубиной станции ($R^2=0,67$) свидетельствует, что ОВ имеют фитопланктонное происхождение, а зависимости между содержанием фитопигментов и свойствами ДО отражают непосредственное влияние микроводорослей на формирование структуры последних в заливе.

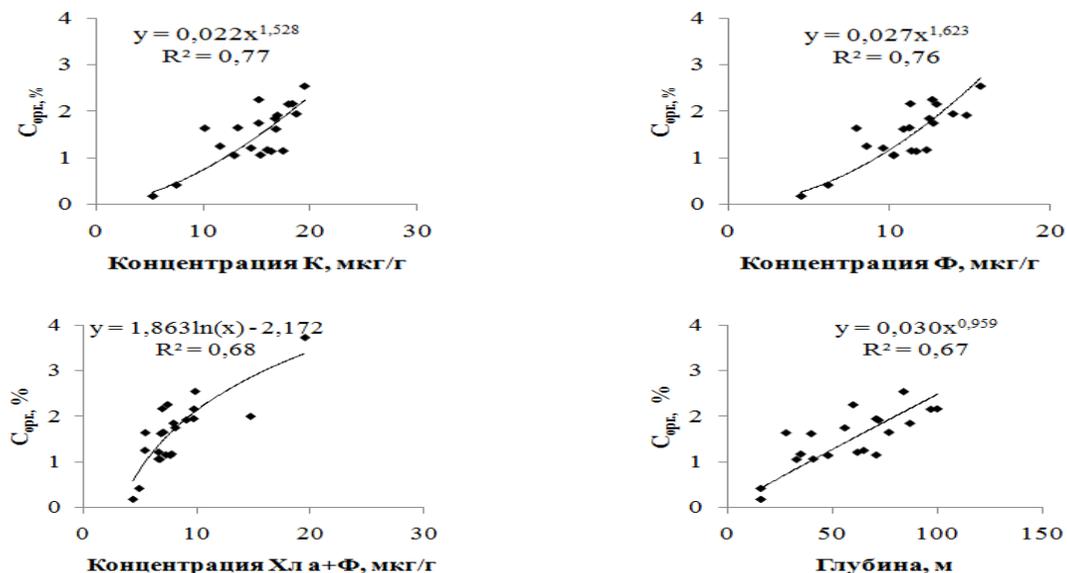


Рисунок 8 – Корреляционные связи между содержанием пигментов фитобентоса, ОВ и глубиной станции в донных отложениях залива Анива, 2013 г.

Таким образом, содержание и пространственное распределение пигментов в ДО обусловлено их свойствами (гранулометрический состав, влажность, содержание ОВ) и абиотическими факторами (глубина и рН). Хл *a*, поступающий в ДО, вовлекается в процессы деструкции наиболее активно, а К и Ф характеризуются высокой устойчивостью к деградации.

Глава 5 Оценка трофического статуса и экологическое районирование залива Анива по пигментным характеристикам фитопланктона

В главе дана оценка величины первичной продукции и общей биомассы фитопланктона залива Анива. Величина ПП, образуемая фитопланктоном в процессе фотосинтеза, является важнейшей характеристикой для морских акваторий. Используя классификацию, предложенную для Балтийского моря¹⁵, залив Анива можно отнести к мезотрофным водоемам, по другой классификации¹⁶, залив имеет олиготрофно-мезотрофный статус. Согласно проведенным нами исследованиям, для периода весеннего максимума продукционной активности воды залива были классифицированы как олиготрофные (станции 1, 3, 5–7, 16, 17), мезотрофные (станции 2, 4, 9–15, 18, 22, 23) и евтрофные (станции 8, 19–21, 24).

Установлено, что изменение средней величины ПП характеризуется наличием ранневесеннего максимума, который в 2009 г. составлял на поверхности 0,16 гС/м³·сут., в эвфотическом слое – 0,88 гС/м²·сут. С июня по октябрь величина ПП была невысокой и относительно стабильной (табл. 4). Повышенные значения ПП в июне 2013 г. в районе бухты Лососей, наглядно демонстрируемые на карте распределения величины ПП в эвфотическом слое воды по площади залива (рис. 9), были обусловлены высокими концентрациями биогенных элементов, образованных вследствие разложения ОВ, накопленных после нереста лососей.

Таблица 4 – Сезонная динамика величины первичной продукция в поверхностном слое (ПП_{пов.}) и в эвфотическом слое воды (ПП_{эф.}) залива Анива, 2009 и 2013 гг.

Год	Месяц	ПП _{пов.} , гС/м ³ ·сут.	ПП _{эф.} , гС/м ² ·сут.
2009	Апрель	0,01–0,76	0,03–2,31
	Июнь	0,01–0,10	0,02–0,13
	Июль	0,005–0,08	0,04–0,19
	Август–сентябрь	0,003–0,11	0,02–0,12
	Октябрь	0,003–0,14	0,01–0,27
2013	Май	0,006–0,32	0,02–1,53
	Июнь	0,004–0,45	0,03–0,66
	Октябрь–ноябрь	0,006–0,05	0,01–0,29

¹⁵ Wasmund, N. Trophic Status of the South-Eastern Baltic Sea: A Comparison of Coasta and Open Areas / N. Wasmund, A. Andrushaitis, E. Łysiak-Pastuszak [et al.] // Estuarine. Coastal and Shelf Science. – 2001. – № 53. – Р. 849–864.

¹⁶ Лисицин, А.П. Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения – опыт двухлетних исследований на Белом море /А.П. Лисицин // Актуальные проблемы океанологии. – М.: Наука, 2003. – С. 503–556.

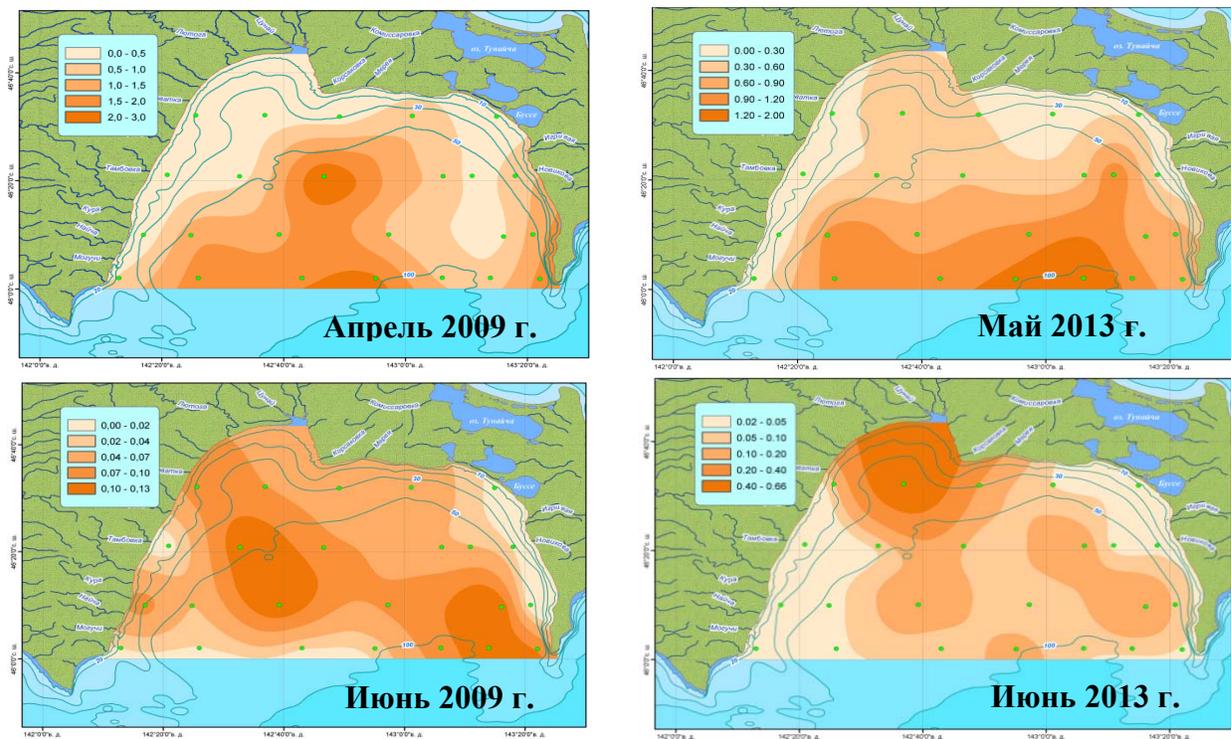


Рисунок 9 – Распределение первичной продукции в эвфотическом слое воды в заливе Анива, ($\text{гC}/\text{м}^2 \cdot \text{сут.}$)

Для выделения неоднородных по качеству вод участков использовали районирование залива Анива¹⁷, проведенное в 2005 г. до запуска завода СПГ с учетом следующих критериев: особенности океанологических условий (течения, водообмен, апвеллинг); годовой ход температур; сезонная динамика распределения планктонных организмов. В 2009 г. нами было проведено районирование с учетом дополнительных критериев¹⁸. Для каждого из участков были выделены ведущие экологические факторы: 1 участок – влияние поверхностных вод и повышенные концентрации биогенных веществ; 2 участок – инфраструктура СПГ; 3 участок – водообмен с открытой частью пролива Лаперуза; 4 участок – антициклонический вихрь и глубина термоклина; 5 участок – апвеллинг, влияние охотоморских вод. Современная схема районирования залива Анива с учетом антропогенного фактора приведена на рисунке 10.

¹⁷ Леонов, А.В. Биотрансформация органогенных веществ в водах залива Анива: оценка с помощью математического моделирования / А.В. Леонов, В.М. Пищальник // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 4. – С. 1–17.

¹⁸ Коренева, Т.Г. Характеристика изменчивости вод залива Анива по содержанию пигментов фитопланктона / Т.Г. Коренева, Е.М. Латковская // Вода: химия и экология. – 2013. № 10. – С. 68–78.

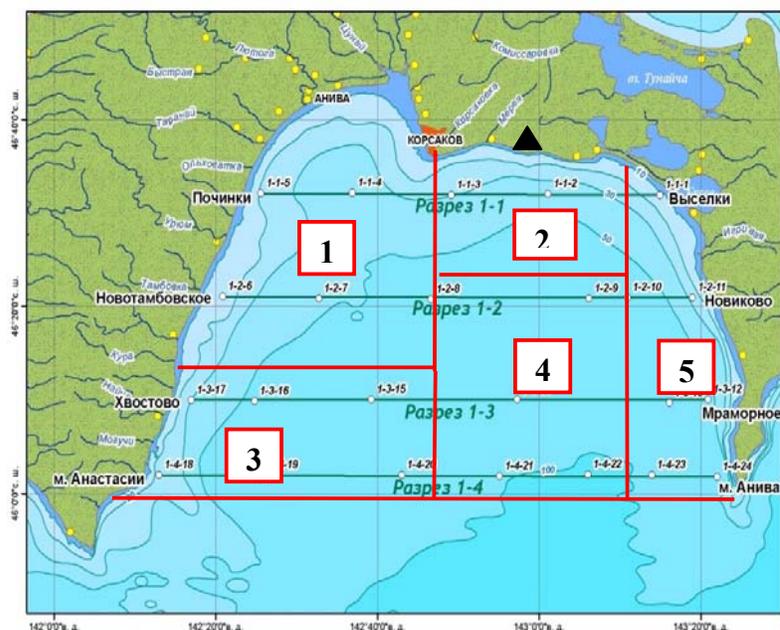


Рисунок 10 – Современное районирование акватории залива Анива после строительства завода СПГ



Влияние экологических факторов нашло отражение в корреляционных связях между рядами пигментных характеристик на выделенных участках (табл. 5). Максимальная синхронность в динамике большинства пигментных характеристик в 2009 г. отмечена на участках 3 и 5, 4 и 5 ($r=0,89-1,00$ при $p<0,05$, $n=75$), что свидетельствует о сходстве качества воды по многим параметрам. При сравнительном анализе данных и расчете коэффициентов корреляции выделяются участки 1 и 2, достоверно отличающиеся от других по пигментным характеристикам. Например, по Хл *b* участок 2 выделялся на фоне участков 3 и 5. В результате проведенных исследований в 2013 г. (табл. 6) была подтверждена специфика участка 2, обусловленная влиянием инфраструктуры СПГ.

Таблица 5 – Корреляционные связи между пигментными характеристиками на различных участках залива Анива, 2009 г.

Сравниваемые участки	Хл <i>a</i> +Ф	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл (<i>c1</i> + <i>c2</i>)	Ф	К	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл (<i>c1</i> + <i>c2</i>)	ПИ
	абсолютные значения (мкг/дм ³)						относительные значения (%)			
1 и 2	0,49	0,24	0,99	0,60	0,97	0,12	0,02	0,46	0,67	0,71
1 и 3	0,40	0,15	0,19	0,51	0,97	-0,15	0,07	0,27	0,25	0,01
1 и 4	0,41	0,14	0,71	0,53	0,94	-0,13	0,02	0,48	0,02	0,41
1 и 5	0,43	0,19	0,11	0,51	0,95	-0,10	0,18	0,39	0,35	0,26
2 и 3	0,97	0,98	0,32	0,98	1,00	0,88	0,45	0,72	-0,50	0,05
2 и 4	0,99	0,99	0,80	0,99	0,99	0,92	0,83	0,98	-0,69	0,64
2 и 5	0,98	0,99	0,22	0,99	0,99	0,91	0,77	0,93	-0,46	0,18
3 и 4	1,00	1,00	0,81	1,00	0,98	1,00	0,81	0,83	0,76	0,68
3 и 5	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,99	0,87	0,80	0,94	0,89
4 и 5	1,00	1,00	0,70	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,81	0,52

Таблица 6 – Корреляционные связи между пигментными характеристиками на различных участках залива Анива, 2013 г.

Сравниваемые участки	Хл $a+\Phi$	Хл a	Хл b	Хл $(c1+c2)$	Φ	К	Хл a	Хл b	Хл $(c1+c2)$	ПИ
	абсолютные значения (мкг/дм ³)						относительные значения (%)			
1 и 2	0,94	0,98	0,98	0,68	0,98	0,62	0,74	0,99	0,99	0,35
1 и 3	0,74	0,77	0,16	0,05	0,99	0,48	0,79	0,60	-0,70	0,63
1 и 4	0,84	0,86	-0,52	0,22	1,00	0,64	0,87	0,53	-0,95	0,71
1 и 5	0,82	0,86	0,50	-0,50	1,00	0,61	0,83	0,52	-0,68	0,69
2 и 3	0,92	0,87	-0,05	0,76	0,96	0,66	0,99	0,56	-0,61	0,40
2 и 4	0,97	0,95	-0,69	0,86	0,99	0,99	0,97	0,60	-0,90	0,40
2 и 5	0,96	0,94	0,31	0,28	0,98	0,99	0,98	0,59	-0,76	0,26
3 и 4	0,98	0,98	0,76	0,99	0,98	0,98	0,99	1,00	0,88	0,38
3 и 5	0,99	0,99	0,93	0,83	0,99	0,99	1,00	0,93	0,00	0,78
4 и 5	0,99	0,99	0,47	0,73	1,00	1,00	1,00	0,95	0,42	0,87

Изменение пигментных характеристик в 2009 и 2013 гг. свидетельствует о сукцессионных процессах в структуре фитопланктона на выделенных участках. Наиболее яркие изменения по содержанию хлорофиллов b и $(c1+c2)$ в % отмечены на участках 1 и 2, находящихся под влиянием природных (мелководность, речной стоки нерест лососей) и антропогенных (инфраструктура СПГ) факторов. Согласно проведенным исследованиям, все выделенные участки различались по пигментному индексу, характеризующему интенсивность продукционных процессов. Пигментные характеристики оказались более чувствительными по сравнению с гидрохимическими показателями. В качестве критериев районирования выступают пигменты Хл b , Хл $(c1+c2)$ и каротиноиды, которые свидетельствуют об изменении структуры фитопланктонного сообщества залива Анива и могут быть использованы для оценки экологического состояния прибрежных морских акваторий.

ВЫВОДЫ

1. Весной повышенное содержание фитопигментов в заливе Анива характерно для глубоководной центральной части и вдоль его открытой границы, осенью – для юго-западных и юго-восточных станций с выраженным апвеллингом и влиянием водных масс Охотского моря. Максимальные концентрации фитопигментов (Хл a –27,32 мкг/дм³, Хл $(c1+c2)$ – 4,84 мкг/дм³, каротиноидов – 18,93 мкг/дм³ и феофитина a – 16,95 мкг/дм³) на глубине 30 м в начале весеннего гидрологического сезона обусловлены концентрированием клеток фитопланктона в слоях с повышенным содержанием биогенных элементов в условиях отсутствия термоклина. Минимальные концентрации пигментов (<0,02 мкг/дм³) на поверхности и в придонных слоях в летне-осенний период связаны с пониженной активностью фитопланктона, обусловленной дефицитом азота и фосфора, изменением спектрального состава света и пониженной

инсоляцией. Рост среднего значения $K/Xл\ a+\Phi$ от начала ((0,90±0,06) – в апреле) к завершению периода вегетации (1,58±0,28) – в октябре) свидетельствует об ухудшении обеспеченности планктона минеральным питанием, что находит отражение в смене знака коэффициентов корреляции между пигментами и биогенными элементами с положительной на отрицательную. Наиболее тесная связь между каротиноидами и феофитином a ($R^2=0,86-0,93$) характерна для периода максимального развития фитопланктона весной, менее тесная ($R^2=0,33-0,51$) – при затухании фотосинтетических процессов летом и осенью. Соотношение основных фотосинтетических пигментов ($Xл\ a:Xл\ b:Xл\ (c1+c2)$) подвержено значительной изменчивости и отражает пространственно-временную сукцессию сообщества фитопланктона залива Анива.

2. Хлорофилл a вовлекается в процессы трансформации органических веществ в донных отложениях наиболее активно, а каротиноиды и феофитин характеризуются высокой устойчивостью к деградации. Концентрации хлорофиллов, каротиноидов и феофитина a , варьируя в зависимости от глубины станции, типа донных отложений и их физико-химических характеристик, отражают непосредственное влияние фитопланктона и растительных организмов на формирование структуры осадочного комплекса в заливе. Существование тесной связи между пигментами в донных отложениях и глубиной ($R^2=0,56-0,78$), величиной рН ($R^2=0,67-0,71$), содержанием органического вещества ($R^2=0,67-0,77$), типом и свойствами донных отложений ($R^2=0,54-0,71$) позволяет использовать пигменты в качестве интегральных биоиндикаторов для характеристики экологического состояния залива.

3. Многолетняя динамика содержания хлорофилла a и величина первичной продукции характеризуют залив Анива как мезотрофную экосистему весной и олиготрофную – летом и осенью. В весенний гидрологический сезон в открытой части и центре залива выявлены глубоководные станции с евтрофным статусом, который обеспечивается апвеллингом.

4. Районирование залива Анива с использованием комплекса пигментных характеристик и приоритетных гидрохимических показателей позволило выявить ведущие факторы, определяющие его экологическое состояние на разных участках: 1 – влияние речного стока и повышенные концентрации биогенных веществ; 2 – инфраструктура СПГ; 3 – водообмен с открытой частью пролива Лаперуза; 4 – антициклонический вихрь и глубина термоклина; 5 – апвеллинг и влияние вод Охотского моря. В качестве критериев районирования выступают пигменты $Xл\ b$, $Xл\ (c1+c2)$ и каротиноиды, которые свидетельствуют об изменении структуры фитопланктонного сообщества залива Анива под влиянием природных и антропогенных факторов и могут быть использованы для оценки экологического состояния прибрежных морских акваторий.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Коренева, Т.Г.** Характеристика изменчивости вод залива Анива по содержанию пигментов фитопланктона / **Т.Г. Коренева**, Е.М. Латковская // Вода: химия и экология. – 2013. – № 10. – С. 68–78.

2. **Коренева, Т.Г.** Сезонная динамика гидролого-гидрохимических характеристик и концентрации хлорофилла *a* в зал. Анива в 2003 г. / **Т.Г. Коренева**, Е.М. Латковская, В.Н. Частиков // Вода: химия и экология. – 2014. – № 4. – С. 33–45.

3. **Коренева, Т.Г.** Фотометрическое определение суммарной массовой концентрации нитратного и нитритного азота и массовой концентрации нитратного азота в водах после восстановления нитратов в тонкой силиконовой трубке / **Т.Г. Коренева**, Л.Ю. Гаврина, Е.М. Латковская, Л.Н. Пропп // Вода: химия и экология. – 2013. – № 7. – С. 93–98.

Статьи в других изданиях:

4. Могильникова, Т.А. Гидрохимические условия развития летнего фитопланктона зал. Байкал (северо-западный Сахалин) / Т.А. Могильникова, Е.М. Латковская, **Т.Г. Коренева** // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток, 2011. – Вып. 5. – С. 360–369.

5. Латковская, Е.М. Материалы к изучению гидрохимических параметров и альгофлоры рек южной части о-ва Сахалин / Е.М. Латковская, Т.В. Никулина, Т.А. Могильникова, **Т.Г. Коренева** // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток, 2014. – Вып. 6. – С. 380–392.

6. Латковская, Е.М. Суточная динамика гидрохимических параметров и фитопланктона зал. Чайво / Е.М. Латковская, Н.В. Коновалова, **Т.Г. Коренева**, И.В. Мотылькова // Комплексные исследования и переработка морских и пресноводных гидробионтов: Материалы Всероссийской конференции молодых ученых 22–24 апреля 2003 г. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2003. – С. 49–51.

7. Latkovskaya, E.M. River runoff and hydrochemical conditions in Chayvo Bay (northeast of Sakhalin) / E.M. Latkovskaya, **T.G. Koreneva** // North Pacific Marine Science Organization. Twelfth Annual Meeting (Abstracts), 10–18 October 2003. – Seoul, 2003. – P. 30.

8. Latkovskaya, E.M. Conditions of hydrobiological community formation in the lagoons of north-eastern Sakhalin Island / E.M. Latkovskaya, T.A. Belan, V.B. Krasavtsev, A.V. Polteva, I.V. Motylkova, **T.G. Koreneva**, T.A. Mogilnikova // North Pacific Marine Science Organization. Twelfth Annual Meeting (Abstracts), 10–18 October 2003. – Seoul, 2003. – P. 31.

9. Latkovskaya, E.M. Influence of river runoff to formation of phytoplankton communities in Lunskiy Bay (northeast of Sakhalin) / E.M. Latkovskaya, I.V. Motylkova, T.A. Mogilnikova,

T.G. Koreneva // North Pacific Marine Science Organization. Twelfth Annual Meeting (Abstracts), 10–18 October 2003. – Seoul, 2003. – P. 32.

10. Pecheneva, N.V. Characteristics of biota and its environment on the Okhotsk Sea shelf along northeastern Sakhalin / N.V.Pecheneva, V.S. Labay, I.B. Piskunov, **T.G. Koreneva** // Proceedings of the 20th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice Mombetsu, Hokkaido, Japan, 20–25 February 2005. – Mombetsu, 2005. – P. 234–242.

11. Mogilnikova, T.A. Toxic phytoplankton in Aniva Bay and environment conditions of development / T.A. Mogilnikova, E.M. Latkovskaya, I.A. Mitrakovich, N.V. Konovalova, I.V. Motylkova, **T.G. Koreneva**, I Ken Chi, L.Yu. Gavrina, M.A Smirnova // North Pacific Marine Science Organization (PICES). Sixteenth Annual Meeting: Program abstracts October 26 – November 5, 2007. – Victoria, Canada, 2007. – P. 84.

12. Mogilnikova T.A. Microalgae development in a cold period in a coastal area of Aniva Bay / T.A. Mogilnikova, E.M. Latkovskaya, V.M. Pishchalnik, **T.G. Koreneva**, I Ken Chi, L.Yu. Gavrina, I.A. Mitrakovich, M.A Smirnova, L.P. Telepneva // North Pacific Marine Science Organization (PICES). Sixteenth Annual Meeting: Program abstracts October 26 – November 5. – 2007. – Victoria, Canada, 2007. – P. 154.

13. Могильникова, Т.А. Фитопланктон залива Луньский (о. Сахалин) / Т.А. Могильникова, Е.М. Латковская, **Т.Г. Коренева** // Материалы IX дальневосточной конференции по заповедному делу (20–22 октября 2010 г., Владивосток). – Владивосток: Дальнаука, 2010. – С. 276–281.

14. **Коренева, Т.Г.** Пигменты фитопланктона в водах залива Анива / **Т.Г. Коренева**, Е.М. Латковская, Т.А. Могильникова // Тезисы докладов Четвертой Международной научно-практической конференции (19–22 сентября 2011 г., Южно-Сахалинск). – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2011. – С. 44–45.

15. Ведерникова, А.А. Оценка качества вод в заливе Анива по содержанию нефтепродуктов / А.А. Ведерникова, Е.М. Латковская, **Т.Г. Коренева** // Тезисы докладов Четвертой Международной научно-практической конференции (19–22 сентября 2011 г., Южно-Сахалинск). – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2011. – С. 20–21.

16. Латковская, Е.М. Исследование качества среды обитания водных биологических ресурсов в Сахалино-Курильском регионе в современный период / Е.М. Латковская, **Т.Г. Коренева** // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО. – 2012. – Т. 13. – С. 91–105.

КОРЕНЕВА ТАТЬЯНА ГЕОРГИЕВНА

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛИВА АНИВА
(ОХОТСКОЕ МОРЕ) ПО ФИТОПИГМЕНТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Подписано в печать 23.08.2017. Формат 60•84¹/₁₆.

Усл. печ. л. 1,5. Печать ризограф. Тираж 100 экз.

Отпечатано в редакционно-издательской группе ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии».

г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196. Телефон (4242) 45-67-79

