

На правах рукописи

С.Б.С.

Зенкин Олег Васильевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБСТАНОВКИ В ВОДАХ ОХОТСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ
СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ MODIS**

Специальность 25.00.36 - Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Южно-Сахалинск - 2004

Работа выполнена в Сахалинском филиале Дальневосточного геологического
института Дальневосточного отделения Российской академии наук
(СФ ДВГИ ДВО РАН)

Научный руководитель - доктор технических наук В.А.Мелкий

Официальные оппоненты: доктор технических наук.профессор Гульков А.Н.
кандидат технических наук,с.н.с. Алексанин А.И.

Ведущая организация: Дальневосточный государственный университет
(ДВГУ), г. Владивосток

Защита состоится "30" июня 2004 г. в 14 часов на заседании
диссертационного совета Д212.055.03 при Дальневосточном государственном
техническом университете по адресу: 690091 , г. Владивосток, ул. Алеутская
39, Институт инженерной и социальной экологии ДВГТУ, конференц-зал.

Тел.(4232)40-16-28

Факс (4232) 40-16-28

E-mail: iese@fastmail.vladivostok.ru; vakh@fegi.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Дальневосточного государственного технического университета (ДВПИ
им. В.В.Куйбышева) по адресу: 690950, г.Владивосток, ул. Пушкинская, 10.

Автореферат разослан "31" мая 2004 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Д212.055.03, к.г.-м .н.



A.S.Vakh

2005-4
11947

860956

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В связи с активизацией освоения природных ресурсов и возрастанием антропогенных воздействий на природную среду оценка геоэкологических обстановок акваторий становится все более актуальной. Проводить оценку геоэкологических обстановок в океане контактными методами непродуктивно по причине трудоемкости и высокой затратности проведения экспедиций. Кроме того судовыми измерениями невозможно выполнять оперативные оценки геоэкологических обстановок на большой территории. Перспективным методом являются дистанционные измерения с помощью сканирующих устройств установленных на искусственных спутниках Земли. В океане оценки геоэкологических обстановок могут проводиться на основе анализа цветности поверхностных вод. Основным вкладчиком в цветность поверхности воды является фитопланктон, в связи с чем пространственно-временные распределения фитопланктона являются индикатором изменений окружающей среды и могут применяться для оценки геоэкологических обстановок с применением данных дистанционного зондирования. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ N 02-02-17795, ФЦП «Интеграция» N СО 148 «Дальневосточный плавучий университет», ДВО РАН «Трансграничные переносы» N 03-108-1010.

Цель и задачи исследования. Цель работы - разработка методики анализа геоэкологической обстановки в водах Охотского моря по спутниковым данным MODIS на основе информации о состоянии фитопланктона.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- (1) Разработки классификации для анализа характера геоэкологической обстановки по состоянию хлорофилла в поверхностном слое воды.
- (2) Технологической реализации посредством разработки рациональных алгоритмов восстановления океанографических параметров.



(3) Выявления классов геоэкологических обстановок на морской поверхности в разных диапазонах спектра.

(4) Разработка информационной технологии приема и дешифрирования данных дистанционного зондирования.

Основные положения, выносимые на защиту

- На основании определения состояния планктона по данным спутниковой информации выделены классы вод, отражающие различную геоэкологическую обстановку Охотского моря.

- Выполнен сравнительный анализ спутниковых и судовых данных и для Охотского моря проведена разработка регионального алгоритма расчета концентрации хлорофилла-а.

- Разработана методика, которая позволяет проводить оценку качественных и количественных параметров состояния геоэкологических обстановок по спутниковой информации о цветности моря.

- Выполнена реализация технологии преобразования многоканальных спутниковых данных, включающая алгоритмически-программные средства выборки данных и расчета информационных продуктов.

Фактические данные. Для района Охотского моря в настоящее время доступны ежедневные 36-канальные спутниковые данные американского сканера MODIS. Приемная антенна установлена в г. Южно-Сахалинске. В районе полудня принимаются два спутниковых снимка с разницей во времени ~1.5 часа. Геофизические параметры, рассчитываемые по данным MODIS, включают яркости восходящего излучения для каналов видимого спектра (405-420, 438-448, 483-493, 526-536, 546-556, 662-672, 673-683 и 743-753 nm километрового разрешения; каналов 459-479 и 545-565 nm 0.5 км; канала 620-670 nm 0.25 км разрешения), каналов инфракрасной области спектра 0.25 км, 0.5 км и 1 км разрешения, микроволновых каналов (данные 1 уровня), нормализованные яркости восходящего излучения $L_{WN}(\lambda_i)$ по каждому спутниковому каналу, концентрации хлорофилла-а и пигментов фитопланктона (данные 2 и 3 уровня). Указанные параметры рассчитываются

посредством алгоритмов атмосферной коррекции и глобальных биооптических алгоритмов, которые могут иметь значительные погрешности, в том числе, **вследствие региональной специфики. Для верификации спутниковых данных** проводились специальные подспутниковые эксперименты, в которых осуществляется прямое сопоставление судовых и спутниковых данных. Для района Охотского моря одним из наиболее достоверных источников информации о концентрации хлорофилла-а в настоящее время являются подспутниковые данные, сбор которых выполнен Тихоокеанским океанологическим институтом ДВО РАН с судна НИС «Надежда», на борту которого имеется аппаратура лазерной флуорометрии. В 2001-2002 году измерения в Охотском море были выполнены в августе-сентябре и проводились в нескольких районах, включая Курильские острова, в шельфовой зоне северо-западной части о. Сахалина, в зоне апвеллинга (банка Кашеварова), в центральной части Охотского моря, в районе юго-западного и юго-восточного побережья Камчатки.

Практическое значение и реализация результатов исследования.

Геоэкологические исследования основаны на применении знаний о геосферных оболочках Земли, **Объектом исследований геоэкологии является** обнаружение механизмов влияния природных и техногенных факторов на изменения геосферных оболочек.

Особенностью геоэкологического метода исследования следует считать экологическую составляющую, связанную с вовлечением в процесс исследования объектов живой природы на поверхности суши или в океане.

Направленность геоэкологических исследований на Дальнем Востоке обуславливается, в первую очередь, наличием разведанных рентабельных месторождений нефти и газа на шельфе Сахалина (охотоморское побережье) и перспективой их дальнейшей разработки. Следует учитывать интересы важнейшей для экономики Дальнего Востока рыбной отрасли. В этом свете оценка состояния водных объектов в районах добычи и транспортировки

углеводородного сырья на жизнедеятельность организмов вблизи этих объектов должны быть в центре внимания геоэкологии.

Практическая значимость заключается в возможности получать и анализировать информацию космических снимков, преобразованную региональными алгоритмами расчета параметров океана, в частности, пространственно-временные распределения хлорофилла-а по спутниковым данным MODIS в важнейших, с точки зрения геоэкологии, рыболовства и нефтедобывающей отрасли, районах Охотского моря с учетом региональных особенностей вод Охотского моря, а также данных подспутниковых измерений. Диссертация выполнена автором в соответствии с планом научных исследований, проводимых СахНИРО и Сахалинским филиалом ДВГИ ДВО РАН.

Теоретическая и методологическая основа исследований.

Разработкой биооптических алгоритмов для расчета концентрации хлорофилла-а по спутниковым данным занимаются уже в течении нескольких десятилетий такие исследователи, как David A. Siegel (Калифорнийский университет, Сан-та'-Барбара), Stephane Maritorena; Charles McClain (Университет космических исследований НАСА, Мэриленд), Mati Kahru (Политехнический университет) Калифорния), Sara A. Garver (Университет Южной Флориды, Санкт-Петербург), John E. O'Reilly (Исландский центр обеспечения океанического рыболовства, Наррагансетт) и др. Ими разработаны статистические и графические критерии для оценивания 2 полуаналитических и 15 эмпирических биооптических алгоритмов расчета концентрации пигментов фитопланктона, в том числе хлорофилла-а, по спутниковым данным в SEAWIFS, охватывающих данные более 900 станций измерения концентрации хлорофилла-а SeaBAM. В качестве подспутниковых измерений брались данные из набора данных в Северном море, в арктических морях вблизи Канады, в Саргассовом море, в Калифорнийском заливе, северной Атлантике и др. Более 80 процентов измерений SeaBAM проведены для 1 типа вод Мирового океана, и лишь 20 процентов для 2 типа вод. В этих алгоритмах

концентрация хлорофилла-а связывается со знаменами яркости восходящего излучения для спутниковых каналов SEAWIFS. Оперативный биооптический алгоритм SEAWIFS для расчета концентрации хлорофилла-а (OC2) включен в математическое обеспечение станции приема данных SEAWIFS.

В процессе исследования учитывался опыт указанных авторов по анализу функциональных форм биооптических алгоритмов, а также по применению алгоритмов для различных диапазонов концентрации хлорофилла-а. Применялись методы линейного и нелинейного регрессионного анализа, линейного программирования, размытых множеств, факторного анализа, имитационного и ситуационного моделирования на основе обработки данных MODIS.

Апробация работы. Основные положения диссертации, а также применяемые методы исследования обсуждались на следующих конференциях и семинарах:

«International conference in computer logic», г. Таллинн, 1988 г.; «4 IFAC/IFORS Symposium LARGE SCALE SYSTEMS:THEORY AND APPLICATIONS», г. Цюрих, 1986 г.; «Проблемы и методы принятия решений в организационных системах управления», Москва-Звенигород, 1988 г.; «9th IFAC Congress» ,г. Будапешт, 1984 г., «5th IFAC/IFIP/IFORS conference», Вена, 1986 г.; «Программные системы для семиотического моделирования и ситуационного управления», г. Калининград, 1983 г.; «Визуализация в исследованиях биоресурсов Мирового океана», г. Владивосток, 2001 г.; « Programming system IDL», г. Москва, 2002 г.; 3 SPIE Remote Sensing Symposium, 2002.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации 144 страниц текста и 2 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, определены объект и предмет исследования, отражены научная новизна и практическая важность полученных результатов.

В первой главе « ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК ПО СОСТОЯНИЮ ХЛОРОФИЛЛА » определены для региона Охотского моря

основные геоэкологические процессы, в которых участвует фитопланктон, и которые могут оцениваться по данным дистанционного зондирования поверхности океана. Исследована роль фитопланктона как индикатора антропогенных воздействий на окружающую среду и факторы, воздействующие на рост планктона. Для региона Охотского моря приведена типизация геоэкологических обстановок по данным дистанционного зондирования хлорофилла-а.

Во ВТОРОЙ главе «РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА-А ПО СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ» рассмотрены формулировки эмпирических и полуаналитических глобальных биооптических алгоритмов, которые использовались для оценивания концентрации хлорофилла-а, даны характеристики набора данных подспутниковых измерений SeaWiFS, а также новые формулировки биооптических алгоритмов, которые рекомендованы в качестве оперативных биооптических алгоритмов. Приведены расчеты связанные с разработкой биооптического алгоритма расчета хлорофилла-а для региона Охотского моря, по данным подспутниковых измерений на доступном статистическом материале спутниковых съемок 2001 - 2002 года.

В третьей главе «ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ЦВЕТНОСТИ ВОДЫ» определены для региона Охотского моря основные геоэкологические процессы, в которых участвует фитопланктон, и которые могут оцениваться по данным дистанционного зондирования поверхности океана. Попадание в воду больших количеств загрязняющих веществ может существенно изменить цветность вод, хотя и не привести к росту активности планктона. В этом случае оценка изменения цветности может применяться для оценки антропогенных воздействий на окружающую среду. Приведены методы классификации биооптических свойств морской поверхности, которые предназначены для идентификации антропогенных воздействий по спутниковой информации, в

том числе путем визуального представления информационных продуктов в виде цветных изображений.

В четвертой главе «ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ MODIS » приведены характеристики аппаратуры приема космических изображений MODIS , особенности алгоритмической и программно-технической реализации средств визуализации и анализа данных, атрибутов графического пользовательского интерфейса системы, средств автоматического выбора данных, ориентированных на обработку массивов спутниковых изображений, что делает их пригодными в автоматизации геоэкологических исследований.

В заключении излагаются выводы и предложения теоретического и практического характера, направленные на повышение точности расчетов пространственно-временных распределений хлорофилла-а для вод Охотского моря по спутниковым данным и оценок геоэкологических обстановок по данным цветности морской поверхности.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫНОСИМЫЕ АВТОРОМ НА ЗАЩИТУ

(1) Разработка классификация для анализа характера геоэкологической обстановки по **состоянию** хлорофилла в поверхностном слое воды.

Фитопланктоном в процессе фотосинтеза (Рис. 1) вода и углекислый газ под действием света преобразуются в органические соединения. Зеленое растение при попадании на него солнечного света отражает прежде всего зеленые лучи и поглощает красные и синие. Вода, содержащая фитопланктон, обладает достаточно сложным набором спектральных характеристик, поскольку живые ядра в мельчайших растительных организмах содержат хлорофилл, используемый для фотосинтеза. Большая часть солнечной энергии поглощается хлорофиллами и каротиноидами. Наиболее важные из них - это сине-зеленый хлорофилл-а и светло-зеленый хлорофилл-б, благодаря которым фитопланктон имеет зеленую окраску. Хлорофилл поглощает солнечный

свет строго в определенной части спектра. Кроме поглощения света необходимо также учитывать характеристики рассеяния, поскольку

КОСМИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ

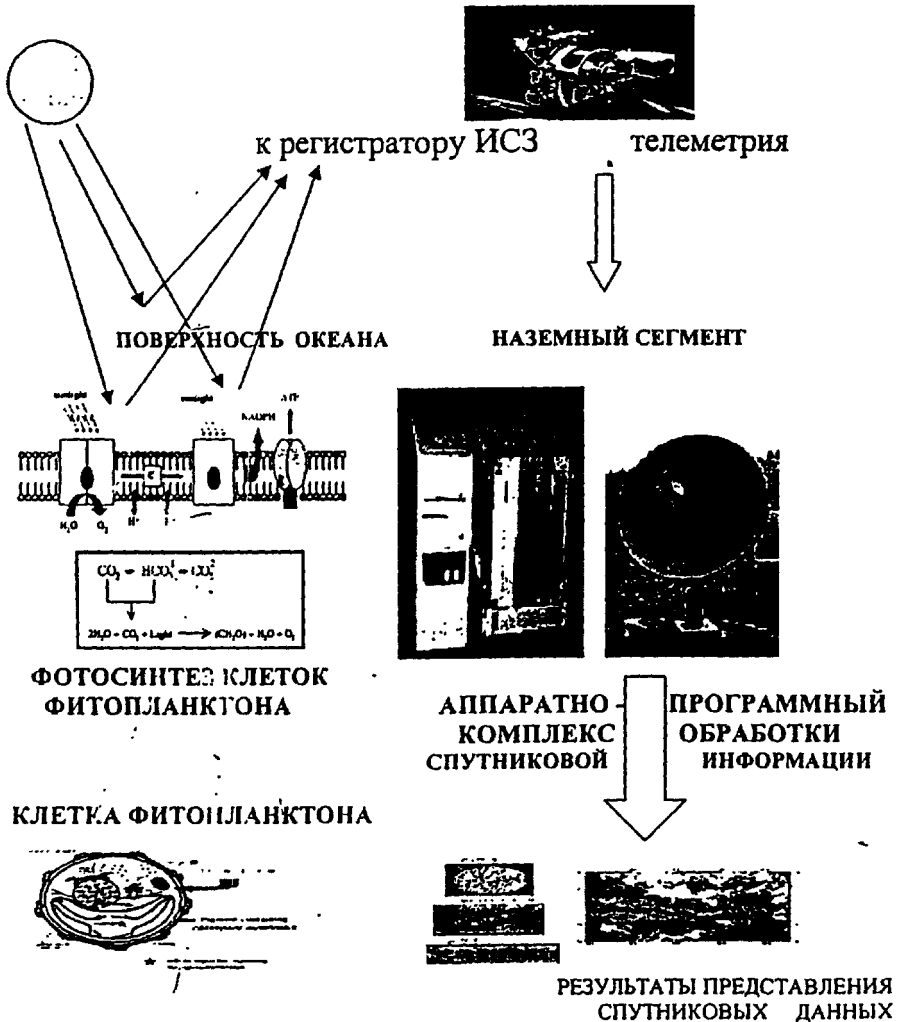


Рис. 1. Регистрация фотосинтеза со спутников

фитопланктон имеет структуру, которая оптически эквивалентна крупным частицам. Также - необходимо учитывать, что фитопланктон окружен

II

растворенным органическим веществом, который содержит феофитин, обладающий отличающимися характеристиками спектра поглощения света. Внутри планктонных полей могут содержаться включения погибших организмов, которые также обладают свойством поглощения света, при том что хлорофилл уже не присутствует в погибшем микроорганизме. Следовательно, вода, содержащая фитопланктон, имеет различные характеристики поглощения и рассеяния света, в зависимости от особенностей и возраста популяции.

Хотя планктон является микроскопическим объектом, но он присутствует в таких больших количествах, что может изменить цвет моря до такой степени, что они становятся различимы из космоса. Цветность океана определяется соотношением величин и спектральным составом двух основных световых потоков. Первый из них - это поток отраженного поверхностью моря светового потока, падающего от солнца и небесного свода, второй - световой поток диффузного света, обусловленного рассеянием вверх и изменяющийся под влиянием избирательного поглощения и рассеяния при его распространении к поверхности моря. Световой поток цветности моря регистрируется датчиками сканера космического сегмента в нескольких спектральных диапазонах. Данные о яркостях светового потока поступают в наземный сегмент на приемную антенну.

Также как и растениям на земле, фитопланктону требуется свет, вода, углекислый газ и пища для роста. В океане никогда не бывает отсутствия воды, также вблизи поверхности воды достаточно света. Океан изобилует растворенной двуокисью углерода, и если ее концентрация снижается, то она через поверхность воды поступает из атмосферы. Основным фактором, ограничивающим распространение и рост фитопланктона, является температура воды и наличие пищи. Недостаток пищи вызывает снижение фотосинтетической активности, соответственно изменяется цвет фитопланктона.

ЗАЛИВ АНИВА

СТОК р.АМУР

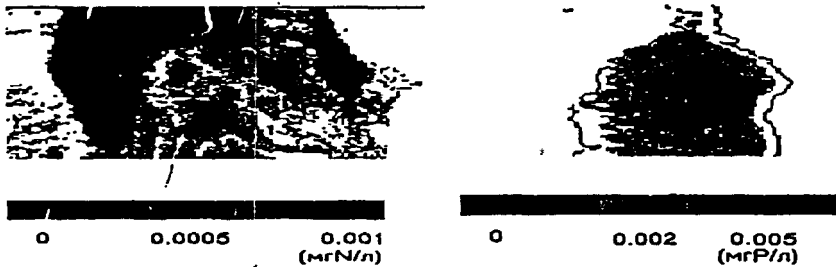


Рис. 2. Распределение биомассы планктона в единицах органических веществ (слева) азота (из сточных вод населенных пунктов юга о. Сахалина) и (справа) фосфора в зоне речного стока р.Амур

Обычно цветение фитопланктона происходит при массовом развитии какого-нибудь одного вида планктона. Жгутиковые - перидинии и ноктилоки, развиваясь иногда в огромных количествах, вызывают цветение воды в виде розовых, буро-красных, желтых или зеленоватых пятен и полос. Также фитопланктон - развивается, стимулируемый избыточным поступлением нитратов, фосфатов и др. веществ из сточных вод, либо смываемых в больших количествах с полей минеральных удобрений, либо техногенных воздействий. Это, в частности, вызывает развитие сине-зеленых, красных водорослей, негативно воздействующих на окружающую среду. Рост фитопланктона зависит от поступающих в воду антропогенных веществ, в связи с чем он является хорошим индикатором влияния антропогенных воздействий, на изменения окружающей среды. Концентрация хлорофилла-а является прямой оценкой концентрации растворенных в воде органических веществ антропогенного характера (см. Рис 2.). Основная проблема при таком подходе к оценке геоэкологической обстановки состоит в определении того вклада, который вносят антропогенные вещества в цветение фитопланктона. Для этого прежде всего надо знать, как развиваются природные процессы жизнедеятельности фитопланктона. Пища, - минеральные элементы (азот,

фосфор, сера, магний, калий и др.), в больших количествах находится на глубине в холодных водах океана, В пришельфовой зоне происходит подъем этой воды к поверхности, и тогда поля фитопланктона удобряются и начинается их рост (см. Рис. 3.). На развитие морских водорослей существенно влияют природные климатические факторы, к важнейшим из которых, помимо освещенности и наличия в воде растворенных питательных веществ, относится температура морской воды. У каждого вида фитопланктона, как, впрочем, и у наземных растений, есть интервал значений температуры, при котором начинается их интенсивное размножение. В связи с этим крупномасштабные температурные аномалии в океане вызывают значительные изменения в активности морской биоты, и выработке первичной продукции в океане и на земной поверхности. Существенный рост планктона вызывают и региональные аномалии: таяние льда, сопровождающееся выносом питательных веществ в воду и ростом освещенности; вынос питательных веществ речным стоком; вертикальное перемешивание холодных и теплых вод в результате апвеллинга создает температурные условия для размножения практически в течение всего вегетативного периода; горизонтальное перемешивание холодных и теплых вод в вихрях течений; сезонные повышения и понижения температуры морской воды ведут к росту концентрации при приближении температуры воды к оптимальным для развития фитопланктона значениям. Для идентификации природных процессов в Охотском море и прилегающих акваторий по спутниковой информации определены сезонные изменения концентрации хлорофилла-а, поставлена и решена задача типизации вод по спектральным спутниковым данным в видимом диапазоне спектра. (Рис. 4.). Выделены классы вод, отражающие различную геоэкологическую обстановку на основании определения состояния планктона по данным спутниковой информации, получены зависимости роста концентрации хлорофилла-а от температуры поверхности воды для ключевых точек акватории Охотского моря. (Рис. 5.).

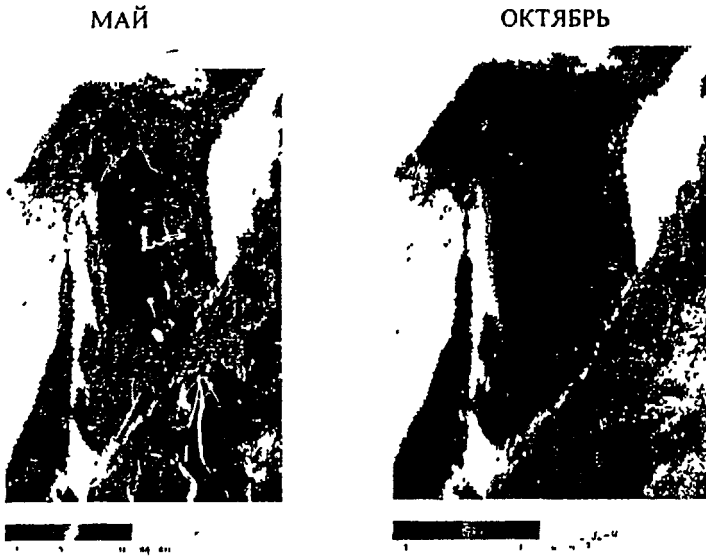


Рис. 3. Фотосинтетическая активность планктона в Охотском море

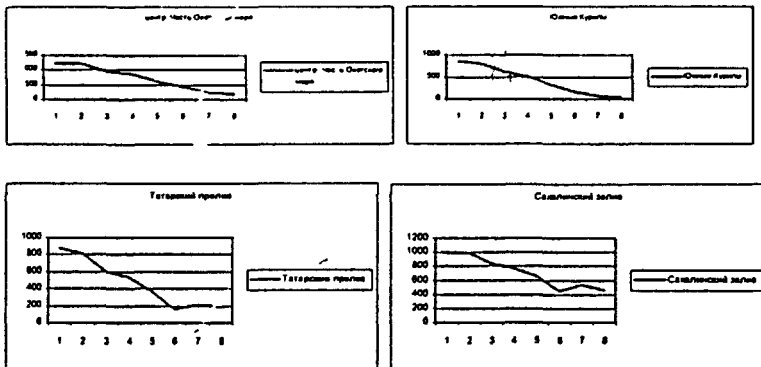


Рис. 4. Спектральные характеристики биооптических районов Охотского, Японского морей и северо-восточной части Тихого океана.

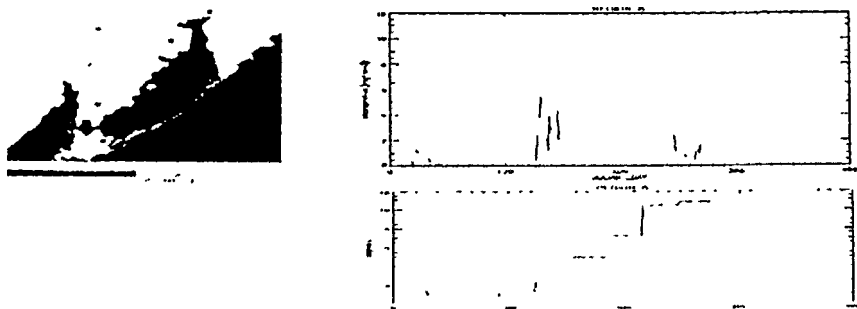


Рис. 5. (Слева) -ключевые точки акватории Охотского моря; (справа) - динамика изменения концентрации хлорофилла при изменении температуры поверхности моря в Центральном районе Охотского моря

(2) Технологическая реализация посредством разработки региональных алгоритмов восстановления океанографических

Количественные оценки концентрации хлорофилла-а по спутниковым данным производятся по биооптическим алгоритмам. Биооптические алгоритмы основаны на применении отношений (индексов) канальных значений яркости восходящего от воды излучения в видимой области спектра. С помощью тех, или иных индексов, по существу, делается оценка формы кривой спектра в различных точках. Как правило, используется один индекс. Это было бы достаточно, если форма спектральной кривой была простой. Однако, у спектральных кривых, в зависимости от концентрации хлорофилла-а и биооптического класса вод могут наблюдаться несколько локальных пиков (см. Рис. 6.), что требует применения большего количества индексов. В связи с этим стандартные алгоритмы расчета концентрации фитопланктона для Охотского моря имеют значительные погрешности. Ошибки алгоритмов также связаны с тем, что их калибровка проводилась по контактным измерениям из других районов Мирового Океана. Поэтому другая задача, решаемая в диссертационной работе, связана с повышением точности биооптических алгоритмов расчета концентрации хлорофилла-а по спутниковым данным. Чтобы получить надежные алгоритмы необходимо иметь достаточно большое

число одновременных спутниковых и контактных измерений. В 2001-2002 годах такие измерения проведены для акватории Охотского моря проточным флюорометром с борта НИС «Надежда». Получена достаточно большая статистика (около 10 тысяч измерений), которая позволила объединить измерения в классы, выполнить сравнительный анализ спутниковых и судовых данных, и разработать для Охотского моря региональный алгоритм расчета концентрации хлорофилла-а.

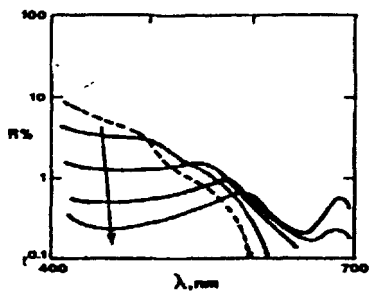


Рис. 6. Типичный спектр отражения для вод морей типа 1. Вектором **показано** направление кривых при росте концентрации хлорофилла (и связанных взвешенных частиц). **Штриховая** линия - это спектр чистой воды.

(3) Выявление классов геоэкологических обстановок на морской поверхности в разных диапазонах спектра

Фитопланктон вовлечен во многие геоэкологические процессы глобального и регионального характера, в частности, процесс связывания и переноса фитопланктоном углерода играет важную роль в геоэкологических исследованиях глобального потепления климата Земли, вызванных ростом парникового **г.ззз-СО₂**.

Другие процессы, связанные с жизнедеятельностью фитопланктона, - это аккумуляция антропогенных загрязнений, биотрансформация химического состава воды, формирование донных осадков в шельфовой зоне и в зонах речного стока.

В числе процессов, не вызывающих цветения фитопланктона, не связанных напрямую с жизнедеятельностью планктона, но представляющих несомненный интерес для геоэкологии, можно отметить процессы переноса растворенных химических элементов, растворенных и взвешенных соединений органического и неорганического происхождения морскими течениями, устьевые процессы смешения речного стока и морской воды, перенос загрязняющих веществ природного и антропогенного происхождения атмосферой и морскими течениями. И в этом случае изменение цветности вод может использоваться в качестве индикатора антропогенных воздействий на окружающую среду. Цветность океана определяется соотношением величин и спектральным составом поглощенных и отраженных световых потоков. В диффузном потоке, выходящем из моря преобладает коротковолновая часть спектра, так как световой поток, рассеянный вверх, содержит преимущественно короткие лучи, рассеиваемые наиболее интенсивно. Таким образом, большая часть света, который рассеивается назад, будет лежать в синем спектре. При прохождении вышележащих слоев воды у диффузного света срезается длинноволновая часть вследствие избирательного поглощения. Таким образом, красная часть света быстро поглощается непосредственно вблизи поверхности океана. Следовательно, спектральное распределение энергии, выходящей из моря, зависит как от рассеяния, так и поглощения. При этом оказывается, что максимум наблюдается при той длине волны, при которой отношение коэффициентов рассеяния и поглощения достигает максимума. Для чистой океанской воды этот максимум лежит около 0,47 мк, т.е. в синей части спектра. Цветность вод отдельных районов океана различная. Традиционно, исследования биооптических характеристик морей проводят по нескольким базовым признакам, к важнейшим из которых относят взвеси органического и неорганического происхождения, фитопланктон и его продукты жизнедеятельности.

В работе применена методика, которая позволяет проводить оценку качественных и количественных параметров состояния геоэкологических

обстановок по цветности вод с применением математических методов классификации спутниковой информации. Использование спутниковой информации накладывает определенные ограничения на применяемые методы классификации, что вызвано мультиспектральностью спутниковых данных: данные со спутников принимаются в нескольких спектральных диапазонах. В связи с этим требуется применять сложные многопараметрические методы классификации. В настоящее время в качестве формальных схем такой классификации при дешифрировании спутниковых данных применяются методы искусственного интеллекта, в частности, модели самообучающихся нейронных сетей и методы размытых множеств.

В данной работе развивается подход, основанный на размытой многопараметрической классификации, который применяется для исследования информационной структуры объектов геоэкологических обстановок. В многомерном массиве спутниковой информации к объекту имеет отношение лишь некоторая часть, которая его и идентифицирует. Идентификация объекта или явления представляет собой задачу распознавания образов, эффективность решения которой связана с качеством выбора рабочего словаря признаков. В основу развиваемого подхода к выбору рабочего словаря положено предположение о том, что объекты разных классов характеризуются собственным функциональным преобразованием, отражающим существенные характеристики объекта идентификации.

В алгоритмах спутникового дешифрирования применяются различные функциональные преобразования мультиспектральных данных, но их выбор не аргументирован формально. В работе предложена методика формализации выбора информационной структуры алгоритмов (набор функциональных преобразований заданного вида), которая оптимизирует выбор рабочего словаря признаков. В качестве исходной информации для классификации применяются косвенные данные в виде нечетких отношений сходства объектов, которые преобразуются в данные о порядке объектов (см. Рис. 7.) На основе

этих данных выбирается оптимальный набор приоритетных признаков рабочего словаря.

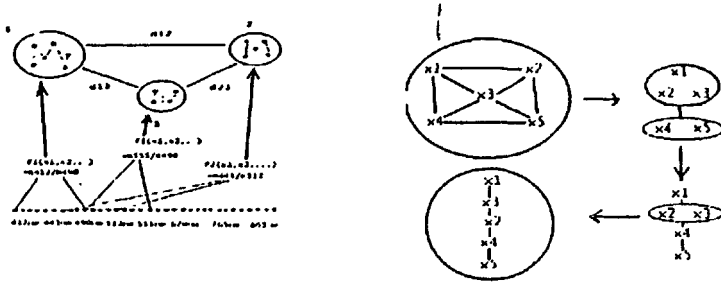


Рис. 7. Многопараметрическая классификация (слева) и ранжирование (справа) объектов космических изображений с применением размытых множеств сходства объектов. Классу s ставится в соответствие функциональное преобразование заданного вида $f_s(x_1, x_2, \dots)$. Попарная близость классов s и q оценивается значениями

$V_{qs} = (\sum D_i q + \sum D_i s) / \sum D_i q_s$ которые имеют смысл нечетких отношений сходства. Разбиение множества на упорядоченные классы с использованием нечеткого отношения сходства: $R(x, y) = R(y, x)$; $X \otimes Y \rightarrow [0, 1]$ по α -уровням нечеткого отношения : $R_\alpha = \{(x, y) \in X \otimes Y | R(x, y) \geq \alpha\}$

На основе найденного расчетным путем набора модифицированных признаков спектральных кривых видимого диапазона спектра была проведена типизация вод Охотского моря и прилегающих акваторий по данным дистанционного зондирования. Эта технология предназначена для идентификации антропогенных воздействий по спутниковой информации, в том числе путем визуального представления информационных продуктов в виде цветных изображений, поскольку регистрируемые ИСЗ мультиспектральные признаки преобразуются в 3-признаковое изображение для RGB визуализации.

(4) Разработка информационной технологии приема и дешифрирования данных дистанционного зондирования.

Таблица 1.

Характеристики съемочной аппаратуры цветного многоканального космического сканера MODIS

<u>Назначение каналов</u>	<u>Канал</u>	<u>Ширина спектрального диапазона</u>
Границы земли/облаков/аэрозолей		
	1	620 - 670
	2	841 - 876
	3	459 - 479
Свойства земли/облаков/аэрозолей		
	4	545 - 565
	5	1230 - 1250
	6	1628 - 1652
	7	2105 - 2155
Цветность океана/фитопланктон/биогеохимия		
	8	405 - 420
	9	438 - 448
	10	483 - 493
	11	526 - 536
	12	546 - 556
	13	662 - 672
	14	673 - 683
	15	743 - 753
	16	862 - 877

Для района Охотского моря в настоящее время доступны ежедневные 36-канальные *данные* американского сканера MODIS. Приемная антенна установлена в Южно-Сахалинске. Сканер MODIS предназначен для широкомасштабных исследований поверхности океана, суши и атмосферы. Впервые с применением данных дистанционного зондирования цветности океана появилась **возможность** распространить проведение геоэкологических исследований на **живые** объекты водной оболочки, из которых важнейшее **значение имеет фитопланктон**. В отличие от более ранних космических проектов в проекте MODIS значительно увеличено число каналов видимого диапазона спектра (Таблица 1.), используемых для исследования фитопланктона и цветности вод, что позволяет с большей точность проводить оценки состояния этих объектов. В схеме обработки данных дистанционного зондирования (Рис. 8.) применяются программно-алгоритмические средства, которые позволяют преобразовывать многоканальные спутниковые данные в

Информационные ресурсы и продукты

Информационные процессы и технологии обработки

Программно-технические средства обеспечения

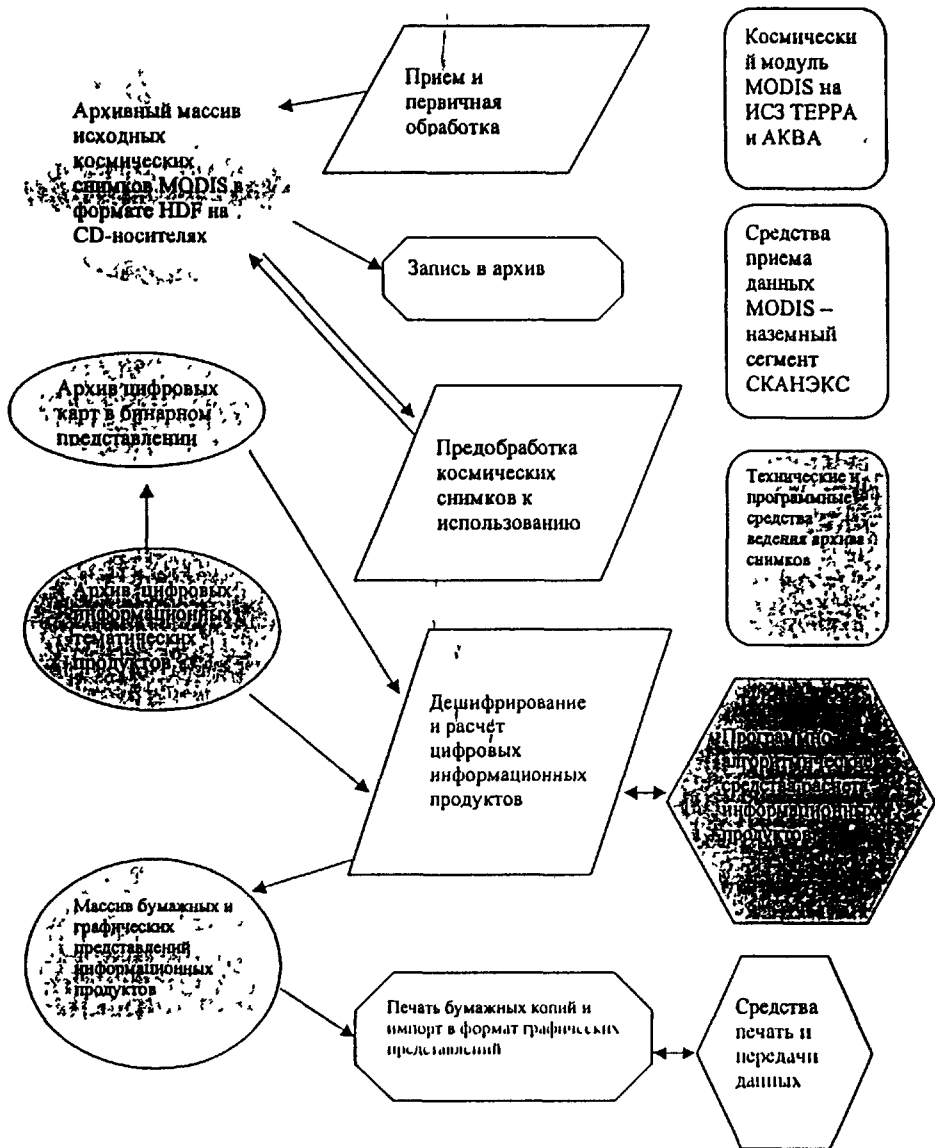


Рис. 8. Информационная технология оценки геоэкологической обстановки Охотского моря на основе данных дистанционного зондирования MODIS

соответствие с-применяемыми алгоритмами классификации, производить выборку данных из спутникового архива по дате и географическим координатам, строить временные ряды данных.

Научная новизна

- (1) разработана методика классификации для анализа характера геоэкологической обстановки по состоянию хлорофилла в поверхностном слое воды.
- (2) проведена разработка количественных методов оценки хлорофилла-а для Охотского моря.
- (3) разработана формализованная методика выбора информационной структуры геоэкологических обстановок по модифицированным спутниковым данным, характеризующим цветность вод.
- (4) разработана информационная технология приема и дешифрирования данных дистанционного зондирования MODIS ориентированная на оценку геоэкологически обстановок.

Работа носит методический характер и посвящена исследованию весьма актуальной проблемы разработки региональных алгоритмов дешифрирования космических изображений, получаемых с многоканальных цветных сканеров, и их применению для анализа характера геоэкологической обстановки, поскольку использование спутниковых данных в геоэкологических исследованиях пока еще весьма затруднено из-за отсутствия апробированных методик обработки и интерпретации спутниковых данных.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В
СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ: }

1. Zenkin O.V. Problems of formation of models of image recognition. The international conference in computer logic, 1988, Tallinn, p.261-269.

2. Зенкин О.В. Имитационное исследование многоуровневых систем. Тезисы докладов 3 Всесоюзной конференции «Проблемы и методы принятия решений в организационных системах управления», 1988, Москва, с. 75-76.
3. Zenkin O.V. A methodology for building a data-base for large-scale simulation models. Preprints of 4th IFAC/IFORS Symposium. Zurich, Switzerland, 1986, p. 543-548.
4. O.A.Bukin, M.S.Permayakov, K.Puzankov, O.Zenkin, O.S.Tsareva, V.Khovanets. Comparison analysis of the ship's and satellite chlorophyll A data in the coastal water of the sea of Okhotsk. 3 SPIE Remote Sensing Symposium ,2002, Vol. 4892, p, 32.
5. Зенкин О.В. Методика прогнозирования среднемесячной" ТПО по спутниковым данным на примере течения Куроспо. В сб. Визуализация в исследованиях биоресурсов Мирового океана, "Материалы отраслевого семинара, 2001 г.", Владивосток, 2003, с.53-59.
6. Букин О.А., Пермяков М.С., Зенкин ,О.В., Хованец В.А., Пузанков К.Л., Буров Д.В., Салюк П.А. Сравнительный анализ результатов измерения концентраций хлорофилла-а, полученных с использованием данных сканера цвета морской поверхности SeaWiFS и методом лазерной индуцированной флуоресценции в Охотском море. // Исследование Земли из Космоса, 2003, N 4, с. 84-90.
7. Зенкин О.В. Оптимальное выделение структур информации на примере классификации вод Охотского моря по данным цветного спутникового сканера SeaWiFS.// Известия ТИНРО,2003,т. 133, с. 288-296.

04 - 15128

РНБ Русский фонд

2005-4
11947

Зенкин Олег Вал

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБСТАНОВКИ В ВОДАХ ОХОТСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ
СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ MODIS**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Редактор издательства	Мизинцев В.П.
Технический редактор	Герасимов В.О.
Корректор	Голышева Н.Н.

Государственная лицензия ПЛД № 70-23 от 23.09.99 г.

Подписано в печать 2S.0S.2004 г. Формат бумаги 60x90 1/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Усл. печ. л. 1,5. Уч. изд. л. 1,3. Тираж 100 экз. Заказ №20620
Издательство Южно-Сахалинского института экономики, права и информатики

693000, г. Южно-Сахалинск, Коммунистический проспект, 72,
офис 201, телефон 42-30-88