

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ОХРАНА ВОД СУШИ, МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

УДК 504:51

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

Д.ф.-м.н., проф. **Ф.А. Мкртчян**¹, к.ф.-м.н. **В.В. Климов**¹,
к.ф.-м.н. **В.Ю. Солдатов**¹, к.т.н. **И.И. Потапов**², профессор **Ку Тхань Шон**³

¹ Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
имени В.А. Котельникова Российской академии наук, Москва.

² Всероссийский институт научной и технической информации РАН

³ Институт прикладного материаловедения
Вьетнамской академии наук и технологии

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER FACILITIES IN SOUTH VIETNAM

**F. A.Mkrтчyan, V.V. Klimov, V.Yu. Soldatov,
I.I. Potapov, Ku Thanh Shon**

Ключевые слова: водные объекты, экосистема, физико-химические параметры, мониторинг, диагностика, эффективность, загрязнение, температура, соленость.

Key words: water bodies, ecosystem, physical and chemical parameters, monitoring, diagnostics, efficiency, pollution, temperature, salinity.

В данной работе предполагается в результате соединения систем сбора многоканальной дистанционной информации (СВЧ и оптической), моделей функционирования исследуемого участка водной среды и средств искусственного интеллекта синтезировать единую ГИМС-технологию, обеспечивающую прогнозные оценки физико-химических параметров водных объектов Южного Вьетнама.

Ожидаемые от данной работы результаты позволят оперативно оценивать температуру, минерализацию (соленость), волнение водной поверхности, концентрацию неорганических и органических веществ и т.д. с обеспечением прогнозных оценок и выделением аномальных участков.

In this work, it is assumed, as a result of combining the systems for collecting multi-channel remote information (microwave and optical), models of the functioning of the investigated section of the aquatic environment and artificial intelligence means, to synthesize a single GIMS technology that provides predictive estimates of the physical and chemical parameters of water bodies in South Vietnam.

The results expected from this work will make it possible to quickly assess the temperature, salinity (salinity), water surface disturbance, the concentration of inorganic and organic substances, etc. with the provision of predictive estimates and the allocation of abnormal areas.

Общая характеристика экспериментальных исследований.

Проблема мониторинга водных ресурсов во Вьетнаме связана с загрязнением вод Южно-Китайского моря в зонах добычи нефти с морского дна и интенсивным развитием промышленности, транспортных сетей и переходом сельского хозяйства на усиленное использование агрохимических технологий повышения продуктивности. В настоящее время во многих речных системах, внутренних водоемах и прибрежных морских водах национальная экологическая служба фиксирует многочисленные ситуации превышения ПДК по нефтяному загрязнению, пестицидам, тяжелым металлам, взвешенным и растворенным органическим веществом, и другим физико-химическим параметрам(ФХП).

Характерной особенностью территории Вьетнама является то, что 70% площади страны относится к областям водоразделов, а это означает, что состояние водных ресурсов существенно зависит от антропогенных факторов. Речной сток оценивается величиной 9.10^{11} м³/год с выносом в прибрежные воды 200-250 млн т/год взвешенных веществ. Это говорит о высокой динамичности распространения загрязнения в водных системах Вьетнама. В табл. 1 приведены оценки потоков некоторых химических элементов с речным стоком. Возрастание бытовых и промышленных стоков в речную сеть будет приводить к увеличению этих оценок.

Таблица 1

Вынос реками с территории Вьетнама в Южно-Китайское море химических веществ по данным[3]

Химический элемент	Cu	Pb	Cd	Zn	Co	Ni	As	Hg	PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Вынос с речным стоком, т/год	18084	2063	1082	21739	504	523	2407	134	54220	230710

Таблица 2

Характеристика антропогенных процессов в зоне нефтеперерабатывающих предприятий на территории Вьетнама [3]

Химический элемент	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Se
Эмиссия при переработке нефти, г/м ³	0.07	0.03	0.34	0.11	0.46	0.11	0.07	2.7	0.33	0.5

Таблица 3

Характерные для Вьетнама оценки параметров сточных вод[3]

Источник сточных вод	SS	BOD ₅	COD	Фенолы	Свинец
Промышленность, т/сутки	105	63	146	0.4	0.044
Бытовые стоки, т/сутки	20	25	43	---	---
Средний суточный сток, т	125	88	189	0.4	0.044
Средний годовой сток, т	37500	26400	56700	120	13.2

Так экологические службы СРВ ожидают достижение к 2025г. уровнем сточных вод в реки Сай Гон и Донг Най порога 620 тыс. м³/сут., и это означает, что антропогенная нагрузка на прибрежные воды значительно возрастет. По оценкам До и др.[4] интенсивность загрязнения водной среды возрастает и в других регионах Вьетнама. Так в промышленной зоне Вьетчи ежегодно предприятия выбрасывают в р. Красную более 2000т H₂SO₄, 542т HF, 45т H₂S и 2000т COD. г. Хайфон ежегодно выбрасывает в водную среду более 70т нефти и масла, 18 т H₂SO₄, 92т Cl и 17,6т тяжелых металлов. Сброс в г.Ханое сточных вод составляет 400 тыс. м³/сут, в которых в водную среду ежегодно выносятся 795,8 т нефтепродуктов, 99600 т органических веществ, 65 т H₂S, 4045т азота, 963 т фосфора и 103 т фенолов. Некоторые характеристики антропогенных потоков загрязнения веществ в окружающую среду приводятся также в табл.2 и 3 .

Из сказанного следует, что контроль ФХП водных объектов в СРВ является актуальной проблемой. В связи с этим в рамках программы научного сотрудничества РАН и ВАНТ СРВ проводились теоретические и экспериментальные исследования по развитию методических, алгоритмических, компьютерных и инструментальных технологий оценки ФХП в различных водоемах Вьетнама. Экспедиционные исследования осуществлены в 1989 ,1992 ,1994 и 2000 г. В январе 1989г. на территории Вьетнама испытывались радиометрические средства дистанционного зондирования водных объектов. В ноябре 1992г.[1,6,8] и декабре 1994 проводилась проверка первого варианта Адаптивного Идентификатора (АИ) [6,8,13,14]. В феврале 2000г. проведена апробация модернизированного варианта АИ. Ниже излагаются результаты обработки измерений, полученных в указанных выше экспедициях с применением развитых в данной работе алгоритмов.

Анализ данных дистанционных СВЧ- радиометрических измерений

В радиофизических экспериментах при помощи самолета лаборатории АН-2 использовались радиометры на длинах волн $\lambda_1 = 2.25$ см , $\lambda_2 = 18$ см, и $\lambda_3 = 30$ см. СВЧ-радиометрический комплекс характеризуется чувствительностью 0.2-0.3К. Приборы сконструированы в виде одной стойки размером 180x180x100 см, к верхней части которой крепится многоканальный регистратор самописец Н-3021-3, система сбора цифровых данных на основе персонального компьютера. Антенная часть СВЧ - радиометрической аппаратуры включает полосковые антенны, совмещенные коаксиально для волн $\lambda_2 = 18$ см и $\lambda_3 = 30$ см и рупорную антенну для $\lambda_1 = 2.25$ см. Электрические оси всех антенн ориентированы в надир. Диаграммы направленности имеют ширину около 30° по уровню половинной мощности. Антенны крепятся к нижней части фюзеляжа самолета АН-2. Полеты осуществлялись на высоте 100 м и 150 м при работе на полигонах и при калибровке СВЧ радиометрической аппаратуры соответственно. Пространственное разрешение составляло 5-200м в зависимости от высоты полета и длины волны рабочего радиометра. Измерения осуществлялись над водными поверхностями Красной реки вблизи г. Ханоя и прибрежных акваторий Южно-Китайского моря в зоне влияния г. Винь.

Таблица 4

Статистические характеристики радиоярких температур морской поверхности в районе г.Винь . Обозначение : W-среднее значение радиояркой температуры , D-дисперсия, S-среднеквадратическое отношение, А-коэффициент асимметрии, Э-эксцесс, V-коэффициент вариации

Канал, λ	W	D	S	V	А	Э	Вид вероятностного распределения
2.25см	90	21	4.6	5.2	0.9	5.2	Гамма распределение
18см	120	145	12.1	22	0.8	3.2	Гамма распределение
30см	140	48	6.9	3.1	1.2	1.8	Гамма распределение

Таблица 5

Статистические характеристики радиоярких температур района Красной реки (возле г.Ханой,СРВ). Обозначения такие как таб. 4

Канал, λ	W	D	S	V	А	Э	Вид вероятностного распределения
2.25см	172	36.6	6.2	6.7	0.85	2.4	Экспоненциальное распределение
18см	180	81.2	9.1	4.7	0.7	3.5	Экспоненциальное распределение
30см	196	104	10.2	6.3	0.9	7.8	Экспоненциальное распределение

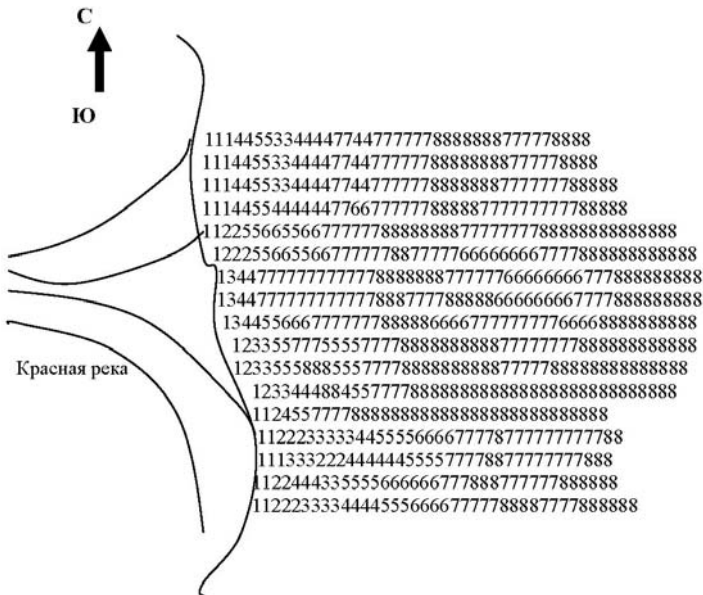


Рис.1. Пример восстановления распределения радиоярких температур морской поверхности в районе г.Винь(СРВ). Шкала : 8- (100-110)°К; 7- (11-120) °К; 6- (121-130) °К; 5- (131-140) °К; 4- (141-150) °К; 3- (151-160) °К; 2- (161-170) °К; 1->171°К.

111122222222223333333333444444444455555555556666666665
 22222222211112222222333333334444444444555555555566667777778888
 2222222221111222222333333334444444444555555555566667777778888888
 2222222222211112222223333333344444444445555555555666666667788888888
 33332222222221111222222333333334444444444444466666667777
 333332222222111122222233333333444444444466666666677777777
 333333332222221111222333444444445555555666666667777777777
 444333332222222111111111122333333334444444666666667777
 44444433332222222211111111111111222233333344444444
 4444444433333322222222211111111111111111112222222222
 55555544444444333333222222222211111111111111112222222222
 666555555544444433333333332222222222211111111111111111111
 666666655555554444444444333333333333333322222222222222
 66666665555555444444444433333333333333332222222222222222
 66666665555555444444444433333333333333332222222222222222
 777777666666655555544444444333333333333332222222222222222
 77777776666666555544444444443333333333332222223333333
 77777766666666666666444444333333333322222233333334
 888888877776666666655554444444433333333332222223333444
 8888888887766666665555554444433333333332222222233444
 8888888888866666665555554433333333332222222223334444

Рис. 2. Образец восстановленной карто-схемы распределения радиоярких температур в зоне влияния Красной реки (СРВ) по данным СВЧ-радиометрических измерений.
 1-(170-180) °К, 2-(181-190) °К, 3-(191-200) °К, 4-(201-210) °К, 5-(211-220) °К, 6-(221-230) °К, 7-(231-240) °К, 8- >241°К.

Измерения осуществлялись над водными поверхностями Красной реки вблизи г. Ханоя и прибрежных акваторий Южно-Китайского моря в зоне влияния г. Винь осуществлялось пространственно временное восстановление двухмерных изображений поля радиояркости $T_{\text{я}}(\varphi, \psi, \lambda, t)$ и рассчитывались её характеристики с целью решения задачи идентификации. Некоторые примеры полученных результатов даются в табл.4 ,5 и на рис. 1 и 2 .

Таблица 6

Статистические характеристики пятнистости водной и земной поверхности района Красной реки , полученные по результатам дистанционных измерений с борта самолета-лаборатории АН-2 на длине волны $\lambda=30\text{см}$ в январе 1989г.

Порог °К	Средний диаметр пятна, км L	Дисперсия, (м) D	Коэффициент асимметрии, A	Эксцесс, Э	Коэффициент корреляции , ρ
180	11.3 2.6	420.2 5.5	2.87 2.14	7.6 4.2	-0.14
190	5.3 3.4	135.9 15.5	4.02 2.1	15.7 3.2	0.06
200	4.06 6.16	123.6 71.7	4.3 3.1	16.6 8.6	0.15
210	4.7 10.5	164.9 184.7	3.4 2.1	9.05 3.3	-0.24

Статистические характеристики пятнистости водной поверхности в районе г. Винь (СРВ), полученные по результатам дистанционных измерений с борта самолета-лаборатории АН-2 на длине волны $\lambda=30\text{см}$ в январе 1989г.

Порог °К	Средний диаметр пятна, км L	Дисперсия, (м), D	Коэффициент асимметрии, A	Эксцесс, Э	Коэффициент корреляции ρ
180	28 3.3	260 27	1.4 1.4	0.25 0.25	-0.32
190	18 5	58 33.2	0.9 1.8	-1.2 2.02	-0.21
200	10 8.6	180.3 31.2	2.2 2.4	4.3 4.6	-0.03
210	2.4 16.4	3.6 174.8	1.6 2.2	1.3 3.2	-0.02

Микроволновый мониторинг позволяет измерять распределение ФХП на поверхности водной среды. Для получения более полноценных оценок состояния водного объекта требуется использовать модель динамики ФХП, которая безусловно требует большой априорной информации. Получение этой информации возможно при использовании АИ. Без этой информации микроволновые измерения дают достаточно полные оценки пятнистости водной поверхности. В качестве демонстрационных примеров в табл.6 и 7 даны результаты, позволяющие оценить эффективность алгоритма расчета характеристик пятнистости [2,5,11,16,18].

Анализ экспериментальных данных, полученных с применением адаптивного идентификатора

АИ испытывался в 1992,1994,и 1999гг в южном Вьетнаме в совместных СРВ-Российских гидрофизических экспедициях, в 1995 и 1996г.[6,8] на территории России в рамках Российско-Американских экспедиций в Сибири и в 1998г. при измерении ФХП сточных вод в г.Фрязино Московской обл.

Измерения на территории Южного Вьетнама проводились в зоне водозаборной станции г. Хошимина на р. Донгнай, на р. Сайгон в черте г. Хошимина, в прибрежных водах Южно-Китайского моря в зоне влияния г.Вунгтау и в ряде внутренних водоемов рыбо-хозяйственного назначения.

Таблица 8.

Фрагмент данных измерений с помощью АИ спектральных характеристик некоторых водных объектов в ноябре 1992г. на территории Южного Вьетнама. Результаты представлены в рамках шкалы аналогово-цифрового преобразования выходного сигнала АИ.

Объект исследования	Время измерений	Средние характеристики спектральных показателей по каналам						
		1	2	3	4	5	6	7
Река Донгнай 13-11-92								
поверхность воды	10.00	155	407	538	1139	1704	397	77
	10.20	157	411	546	1363	1736	403	79
Вода, глубина 1м	10.40	76	277	471	1335	2066	469	89
	11.00	75	273	469	1251	2102	471	89
	11.20	58	221	399	1198	2079	485	91
	11.40	64	246	429	1239	2000	463	87
Река Донгнай 14-11-92								
поверхность воды	10.00	88	216	270	680	783	173	32
	10.20	95	230	276	685	777	173	33
Вода, глубина 1м	10.40	33	129	215	667	1066	204	42
	11.00	26	105	199	627	997	178	33
	11.20	35	129	221	675	1065	229	43
	11.40	36	130	229	674	1112	238	41
Река Сайгон 16-11-92								
поверхность воды	10.00	128	315	510	139	1945	587	185
	10.05	207	559	612	1455	1515	377	75
Вода, глубина 1м	10.10	53	247	463	1427	2161	601	136
	10.15	24	205	421	1343	2268	619	127
	10.20	32	215	429	1369	2276	626	133
Южно-Китайское море 17-11-92								
поверхность воды	16.20	28	190	409	1362	2390	670	145
	16.22	24	197	415	1359	2362	635	138
Вода, глубина 1м	16.25	81	296	527	1367	1686	461	106
	16.26	99	345	565	1451	1698	463	107
	16.27	67	293	515	1393	1746	485	102
Южно-Китайское море (Вунгтау) 18-11-92								
поверхность воды	9.00	223	533	639	1393	1226	279	55
	9.10	223	534	639	1391	1224	177	54
Вода, глубина 1м	9.20	82	318	551	1439	1719	415	80
	9.30	78	305	543	1411	1700	415	76
	9.40	77	305	544	1421	1728	426	83
Бариа , пруд-1 18-11-92								
поверхность воды	15.12	139	399	543	1375	1621	393	80
	15.17	235	543	599	1303	1269	347	82
Вода, глубина 1м	15.11	40	195	447	1367	2159	559	122
	15.16	41	195	447	1393	2095	535	114
	15.26	42	194	439	1227	2079	543	117
Бариа, пруд-2								
поверхность воды	15.00	255	591	639	1343	1108	277	66
	15.20	255	589	639	1343	1105	277	65
Вода, глубина 1м	15.10	58	227	471	1359	2004	527	117
	15.15	58	231	475	1367	2011	523	117
	15.25	56	227	469	1343	1979	511	114

В табл. 8 приведены сводные результаты измерений в ноябре 1992г. по основным объектам южного Вьетнама. Видно, что спектральные характеристики по различным каналам и в зависимости от времени суток сильно изменяются. Это говорит о том, что АИ чувствителен к изменением освещенности водной среды, вызванной различными причинами. Задача состоит в определении взаимосвязи этих причин и показаний АИ. На рис.4. приведены нормированные спектральные характеристики объектов, указанных в табл.8. Видно, что все кривые I/I_0 проходят через точку (4,1). А это означают, что канал 4 (510н м) инвариантен по отношению рассмотренных водных объектов. Также ясно , что каналы 5,6,7 являются более информативными. Максимум на канале 7 для кривой S дает основания говорить о флуоресценции хлорофилла “а” на длине волны 690нм и сопутствующих ему пигментов в красной области. Как отмечается Шифриным и др.[9], существует линейная зависимость между количеством флуоресцентного материала и желтым веществом, которое образуется из углеводов путем “реакции Майера”. Реакция ускоряется при повышенной температуре, в щелочной среде и присутствии аминокислот, что характерно для водных объектов Южного Вьетнама.

Теперь перейдем к решению задачи идентификации объектов по данным измерений с помощью АИ . Здесь возможны различные подходы , выбор среди которых зависит от требуемой точности идентификации. Один из грубых методов определения качества воды может быть основан на прямом сопоставлении шкалы освещенности со шкалой качества воды. Расчет такой схемы идентификации согласно Goody и Yung[12] основывается на ослаблении света с глубиной по экспоненциальному закону $I(Z)=I(0) \exp(-\beta Z)$, где коэффициент β и является прямым показателем качества воды и по его значениям определяется содержание в слое воды Z взвешенного или растворенного вещества. Заметим , что такой подход не дает однозначной оценки , если β одинаково для различных веществ .

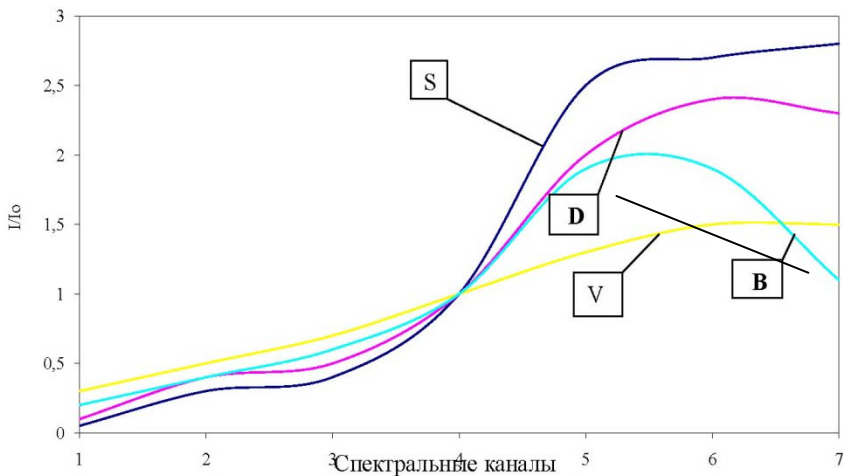


Рис.4. Спектральные характеристики некоторых водных объектов Южного Вьетнама.

Обозначения : S – река Сайгон (акватория порта г. Хошимина);

B – пруды в провинции Бариа; V- Южно-Китайское море (акватория г.Вунгтау);

D-река Донгнай (водозаборная станция г.Хошимина).

В табл.9 приведен пример решения задачи идентификации с помощью этого метода . Знание таких оценок дает возможность распознать тип загрязнителя водной среды . Как следует из примера в табл.10 детализация оценок коэффициента β по спектральным каналам существенно повышает эффект классификации загрязнителей . Здесь проявляется эффект избирательного поглощения света [10]. Закладывая в базу данных образцы векторов $\beta^*(\lambda_i)$ ($i = \overline{1,7}$), характерных для каждого типа вещества , находящегося в водной среде , и сопоставляя полученное измерение $\beta(\lambda_i)$ с этими образцами , определяем тип загрязнителя .Как показывают тестовые измерения достоверность такой идентификации не превышает 70% и резко снижается при наличии в воде в близких концентрациях большого числа загрязнителей . В проведенных здесь экспедиционных измерениях на перечисленных в табл.9 водных объектах по данным табл.10 выбранные вещества обнаруживались в среднем с вероятностью 0.69. При этом наличие нефтепродуктов обнаруживалось с вероятностью 0,78 , а биогенных элементов – с вероятностью 0,61. Это объясняется тем, что в спектре нефтепродуктов наблюдается заметная характерная неоднородность, а в спектре биогенных элементов (также как и у чистой воды) такие неоднородности сглажены.

Таблица 9.

Оценка интегрального показателя вертикального ослабления света $\beta(\text{м}^{-1})$ по данным измерений на глубине 1м при зенитном угле солнца 75°.

Вещество	Водный объект				
	Река Донгнай	Река Сайгон	Южно-Китайское море	Пруд-1 в провинции Бариа	Пруд-2 в провинции Бариа
Чистая вода	0.046	0.13	0.075	0.039	0.038
Нефть	0.14	0.41	0.23	0.12	0.12
Растворенное органическое вещество	0.082	0.25	0.14	0.071	0.069
Взвешенное вещество	0.094	0.28	0.15	0.079	0.077
Хролофилл “а”	0.051	0.15	0.083	0.043	0.041
Желтое вещество	0.12	0.097	0.11	0.018	0.019
Биогенные элементы	0.059	0.18	0.097	0.051	0.049

Таблица 10.

Оценка показателя вертикального ослабления света $\beta(\text{м}^{-1})$ по данным измерений на глубине 1м при зенитном угле солнца 75°. Объект исследования –река Сайгон в черте г.Хошимина.

Вещество	Спектральные каналы						
	1	2	3	4	5	6	7
Чистая вода	0.121	0.109	0.078	0.117	0.121	0.134	0.038
Нефть	0.431	0.482	0.391	0.217	0.189	0.009	0.074
Растворенное органическое вещество	0.033	0.027	0.015	0.183	0.309	0.295	0.177
Взвешенное вещество	0.197	0.264	0.333	0.284	0.271	0.255	0.243
Хролофилл “а”	0.088	0.171	0.106	0.112	0.103	0.122	0.101
Желтое вещество	0.123	0.112	0.109	0.065	0.064	0.063	0.059
Биогенные элементы	0.172	0.181	0.164	0.183	0.179	0.159	0.147

Повышение эффективности классификации присутствующих в водной среде химических веществ достигается за счет применения кластерного анализа, опирающегося на обучающие кластеры в пространстве статистических параметров, рассчитываемых для каждого спектрального диапазона[5,7]. Пример применения этой процедуры показан на рис. 5. Здесь выделены характерные кластеры на глубине 1 м в р. Сайгон в черте г. Хошимина. Видно, что в пространстве спектральных каналов положение кластеров хорошо разделяется даже в сечениях.

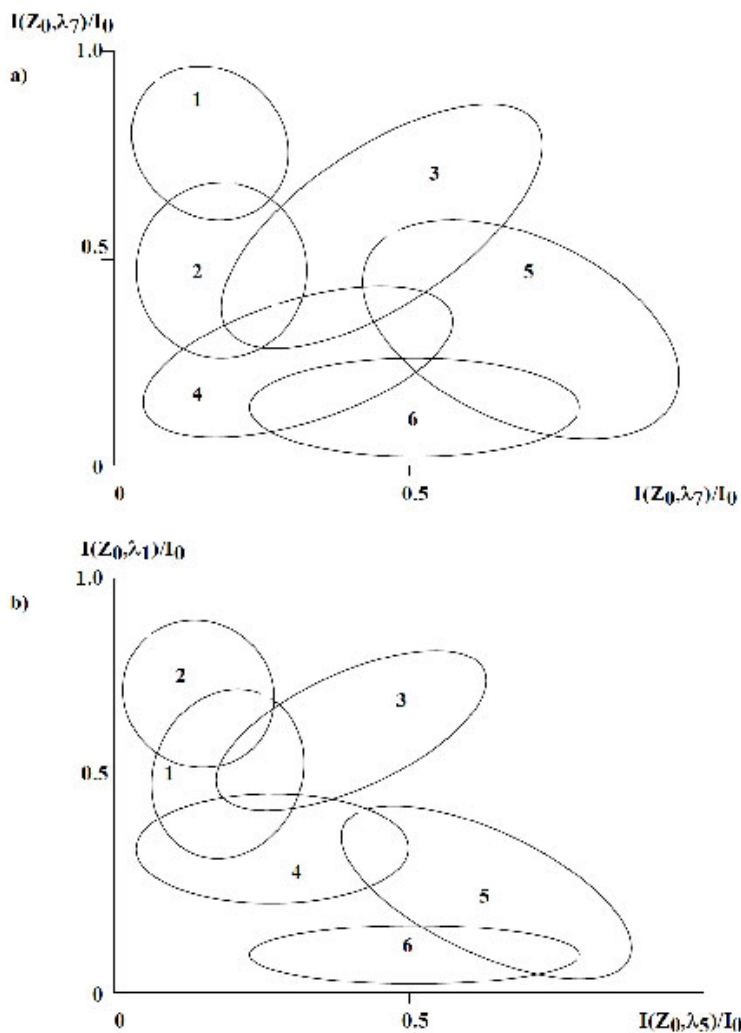


Рис.5.Разрезы спектрального пространства с выделением характерных кластеров по измерениям на глубине $Z_0=1$ м в р.Сайгон в черте города Хошимина. а) $\lambda=\lambda_7$; б) $\lambda=\lambda_5$.
 1-Нефть; 2- Органическое вещество; 3- Взвешенное вещество; 4- Хлорофилл "а";
 5-желтое вещество; 6- Биогенетические элементы

Расширение пространства за счет включения измерений по статистическим параметрам позволяет различать указанные в табл. 9 ФХП с надежностью до 85%.

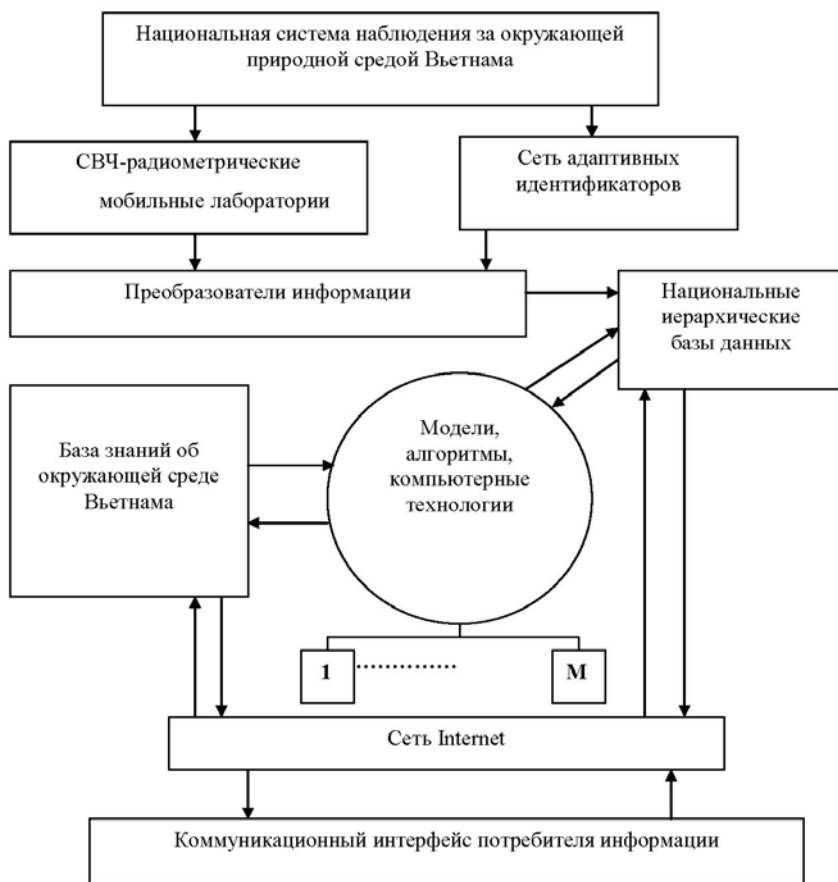


Рис.6. Принциальная схема организации геоинформационного мониторинга на территории СРВ с применением СВЧ-радиометрических и оптических датчиков для сбора данных о гидрофизических объектах и использованием стандарти

Рекомендации по применению СВЧ-радиометрии и адаптивного идентификатора в системе геоинформационного мониторинга Вьетнам.

В целом национальная система геоинформационного мониторинга Вьетнама находится в состоянии формирования различных ее подсистем. Принятый в 1993 г. национальным собранием СРВ закон о защите окружающей среды явился началом создания этой системы. Поэтому, полученные в данной работе результаты позволяют сформулировать ряд рекомендаций, которые могут принести пользу в реализации этого закона. Территория Вьетнама составляет 33168855 га, простираясь на 3260 км вдоль морского побережья и имея небольшую в несколько сотен километров ширину. Рельеф и направление речного стока позволяют принять

удобную форму контроля за водными ресурсами. Для этого достаточно иметь 2-3 мобильных летающих лабораторий типа АН-2 (Шутко,1986), оснащенных СВЧ радиометрическими устройствами, и сеть адаптивных идентификаторов, дислоцированных в узловых точках территории (на пограничных с другими странами участках рек.

Адаптивный идентификатор также устанавливается в зонах стока муниципальных и промышленных вод, характерных местах возможного берегового стока с сельско-хозяйственных территорий и в устьях рек. Полученная таким образом сеть датчиков оперативного контроля через национальную информационную сеть создает надежную структуру независимой экспертизы водных объектов страны. Примерная схема такой структуры предлагается на рис.6. Эта схема применима на всех уровнях геоинформационного мониторинга, так как ее информационная инфраструктура является типовой [2,5,15,16,17,18,19,20,21] и не зависит от пространственных масштабов контролируемого водного объекта.

Литература

1. Алёшин В.А., Климов В.В. Анализ оптических неоднородностей. В кн.: Материалы международного симпозиума " Проблемы экоинформатики" Звенигород : М.: ИРЭ РАН , 1992.- С .202-203.
2. Арманд Н.А., Крапивин В.Ф. , Мкртчян Ф.А. Методы обработки данных радиофизических исследований окружающей среды.М.: Наука, 1987, 270 с.
3. Буй Т.Л., Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Научное сотрудничество РАН и НЦЕНТ СВВ в области экоинформатики // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов.- 1998.- № 2 .-С. 93-108 .
4. До Х.З , Данг С.Х., Нгуен Д.Л. Научные основы системы мониторинга водной и воздушной среды во Вьетнаме //Proc. of the Workshop on Env. Techn. in Vietnam, Hanoi. – 1993.- P. 61-69.
5. Мкртчян Ф.А. Оптимальное различение сигналов и проблемы мониторинга. М.: Наука, 1982, 186 с .
6. Нгуен Ш.Х, Л.Б Йен, Д.Т Шон, Л.Н Тинь, Н.Ф Луан, К.Т Шон, Т.М Чи, Ч.К Хань, Ф.Х. Ньят, В.А. Алешин, В.В. Климов, В.Ф. Крапивин, Ф.А. Мкртчян. Исследование пространственно –временной структуры спектров водных объектов Южного Вьетнама на базе адаптивного идентификатора. В сб. “Проблемы экоинформатики ” ИРЭ РАН, Москва, 1994. - С.128-135.
7. Соломон Г. Зависящие от данных методы кластерного анализа. Классификация и кластер. М.- Мир, 1980.- С.89 - 97.
8. Фам Шон , Ку Тхань Шон , Хоанг Ван Нга , Климов В.В. , Ф.А Мкртчян Экологический мониторинг водных экосистем на основе адаптивного идентификатора .Тезисы ЛШ научной сессии , посвященной дню радио , часть 1. Москва, 1993.- С.74-75.
9. Шифрин К.С , Судьбин А.И, и др..Исследование связи между содержанием хлорофилла по спектру излучения , выходящего из моря .-В кн .: ТРОПЭКС-72, Л.: 1974, Гидрометеиздат.
10. Шутко А.М. СВЧ–радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М.:Наука , 1986, 190 с.
11. Cu Thanh Son , Sun Yi , Tran Luu Cuong , Pham Son .Возможности применения последовательного анализа в гидрофизическом мониторинге. В сб.: Проблемы экоинформатики. М.: Препринт ИРЭ, 1994.- С. 91-95.

12. Goody, R.M. and Y.L.Yung . Atmospheric radiation. New York :Oxford Univ. Press, 1989, 519 pp.
13. Mkrtchyan F.A., Krapivin V.F., Kovalev V.I., Klimov V.V. An adaptive spectroellipsometr for ecological monitoring. // Microwave and Optical Technology Letters.- 2009.- V. 51. No. 11.- P. 2791-2795.
14. Mkrtchyan F.A., Krapivin V.F., Kovalev V.I., Klimov V.V. An adaptive spectroellipsometric technology for ecological monitoring of sea water // PICES Scientific Report.- 2009.- No. 36.- P. 215-218.
15. Mkrtchyan F.A., Krapivin V.F.. GIMS-Technology in Monitoring Marine Ecosystems. Proceedings of the International Symposium of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto, Japan, 9-12 August, 2010, pp.427-430.
16. Mkrtchyan F.A. GIMS-technology for environmental monitoring// Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability XIII, Proceedings of SPIE, Vol. 9975, No. UNSP 99750F, San Diego , California, USA , 2016.
17. Mkrtchyan, F.A., Varotsos, C.A. A New Monitoring System for the Surface Marine Anomalies // Water Air Soil Pollut., Vol. 229, Issue 8, No. 273, 2018, pp. 1-10.
18. Mkrtchyan F.A., Shapovalov S.M.. Some aspects of remote monitoring systems of marine ecosystems// Russian Journal of Earth Sciences, Vol. 18, Es4001, 2018, pp. 1-10.
19. N.S. Hong , L.N. Chien , P. Son , C.T.Son ,V.A. Aleshin, V.V. Klimov .F.A. Mkrtchyan. Geoinformational monitoring and the optical adaptive identifier. Proceedings of the second Ho Chi Minh City conference on mechanics Institute of Applied Mechanics, 1996, pp180-182.
20. C. Nitu, V.F. Krapivin, F.A. Mkrtchyan. Advanced Ecology. Monitoring, diagnostics, prognosis. Volume 1,Matrix Rom, Bucharesti, 2020, 396p.
21. C. Nitu, V.F. Krapivin, F.A. Mkrtchyan. Advanced Ecology. Monitoring, diagnostics, prognosis. Volume 2,Matrix Rom, Bucharesti, 2021, 374p.

References

1. Alyoshin V.A., Klimov V.V. Analysis of optical inhomogeneities. In the book: Materials of the International Symposium "Problems of Ecoinformatics" Zvenigorod: M. : IRE RAS, 1992, p. 202-203.
2. Armand N.A., Krapivin V.F., Mkrtchyan F.A. Methods for processing data from radiophysical studies of the environment), Moscow: Nauka, 1987, 270 p.
3. Bui T.L., Krapivin V.F., Potapov I.I. Scientific cooperation of RAS and SRV Scientific Center in the field of ecoinformatics / Probl. env. environment and natural resources, no. 2, 1998, p. 93-108.
4. Do H.Z., Dang S.Kh., Nguyen D.L. Scientific foundations of the air and water monitoring system in Vietnam / Proc. of the Workshop on Env. Techn. in Vietnam, Hanoi, 1993, pp 61-69.
5. Mkrtchyan F.A. Optimal signal discrimination and monitoring problems. Moscow: Nauka, 1982, 186 p.
6. Nguyen Sh.H., L.B. Yen, D.T. Son, L.N. Tinh, N.F. Luan, K.T. Son, T.M. Chi, Ch.K. Han, F.H. Nyat, V.A. Aleshin, V.V. Klimov, V.F. Krapivin, F.A. Mkrtchyan. Investigation of the spatio-temporal structure of the spectra of water bodies in South Vietnam based on an adaptive identifier. On Sat. "Problems of Ecoinformatics" IRE RAS, Moscow, 1994, pp. 128-135.

7. Solomon G. Data-Dependent Cluster Analysis Methods. Classification and cluster. M. - Mir, 1980, p. 89 - 97.
8. Pham Shon, Ku Thanh Shon, Hoang Van Nga, VV Klimov. , F. A. Mkrtychyan Ecological monitoring of aquatic ecosystems based on an adaptive identifier. Abstracts of the LIII scientific session dedicated to the radio day, part 1. Moscow, 1993, pp.74-75.
9. Shifrin K.S., Sudbin A.I., et al. Investigation of the relationship between the chlorophyll content by the spectrum of radiation emerging from the sea. -In the book: TROPEKS-72, Leningrad: 1974, Gidrometeoizdat.
10. Shutko A.M. Microwave radiometry of water surface and soil. Moscow: Nauka, 1986, 190 p.
11. Cu Thanh Son, SunYi, Tran Luu Cuong, Pham Son. Possibilities of sequential analysis in hydrophysical monitoring. In Sat: Problems of Ecoinformatics. M. : Preprint IRE, 1994, p. 91-95.
12. Goody, R.M. and Y.L. Yung. Atmospheric radiation. New York: Oxford Univ. Press, 1989, 519 pp.
13. Mkrtychyan F.A., Krapivin V.F., Kovalev V.I., Klimov V.V. An adaptive spectroellipsometr for ecological monitoring. // Microwave and Optical Technology Letters, 2009. V. 51. No. 11.P. 2791-2795.
14. Mkrtychyan F.A., Krapivin V.F., Kovalev V.I., Klimov V.V. An adaptive spectroellipsometric technology for ecological monitoring of sea water. // PICES Scientific Report, 2009. No. 36. P. 215-218.
15. Mkrtychyan F.A., Krapivin V.F. . GIMS-Technology in Monitoring Marine Ecosystems. Proceedings of the International Symposium of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto, Japan, August 9-12, 2010, pp. 427-430.
16. Mkrtychyan F.A. GIMS-technology for environmental monitoring // Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability XIII, Proceedings of SPIE, Vol. 9975, No. UNSP 99750F, San Diego, California, USA, 2016.
17. Mkrtychyan, F.A., Varotsos, C.A. A New Monitoring System for the Surface Marine Anomalies // Water Air Soil Pollut., Vol. 229, Issue 8, No. 273, 2018, pp. 1-10.
18. Mkrtychyan F. A., Shapovalov S.M. . Some aspects of remote monitoring systems of marine ecosystems // Russian Journal of Earth Sciences, Vol. 18, Es4001, 2018, pp. 1-10.
19. N.S. Hong, L.N. Chien, P. Son, C. T. Son, V. A. Aleshin, V.V. Klimov .F.A. Mkrtychyan. Geoinformational monitoring and the optical adaptive identifier. Proceedings of the second Ho Chi Minh City conference on mechanics Institute of Applied Mechanics, 1996, pp180-182.
20. C. Nitu, V.F. Krapivin, F.A. Mkrtychyan. Advanced Ecology. Monitoring, diagnostics, prognosis. Volume 1, Matrix Rom, Bucharesti, 2020, 396p.
21. C. Nitu, V.F. Krapivin, F.A. Mkrtychyan. Advanced Ecology. Monitoring, diagnostics, prognosis. Volume 2, Matrix Rom, Bucharesti, 2021, 374p.