

УДК 528.854:502.51:574.524

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ

Шумаков Ф.Т.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

E-mail: shumakov@ksame.kharkov.ua

В работе рассмотрены вопросы использования данных Landsat-5/7 и Terra/Aqua-MODIS для трофической классификации озер и водохранилищ Украины. Для решения этой задачи использовалась двойная маска, полученная по снимкам в ближней ИК зоне спектра и векторной маской водных объектов SWBD. Впервые произведена трофическая классификация более 4000 озер и водохранилищ территории Украины с использованием данных ортомозаики 78 мультиспектральных космических изображений TM Landsat-5 и ETM+ Landsat-7. Разработана и апробирована в июле-августе 2010 года технология оперативного мониторинга трофического состояния крупных водоемов с использованием мозаик мультиспектральных ортотрансформированных космических снимков Terra/Aqua-MODIS.

Ключевые слова: водоем, трофическая классификация, космическое изображение, двойная маска, космический мониторинг, Landsat, MODIS

Системы трофической классификации озерных экосистем основаны на делении на классы континуума между двумя крайними трофическими состояниями. Большинство систем делят континуум трофического состояния водоемов на пять классов: ультраолиготрофное, олиготрофное, мезотрофное, евтрофное и гипертрофное [1].

В последнее время, особое распространение получила оценка трофического состояния озерных экосистем по величине первичной продукции и связанным с ней показателям трофического состояния. Наиболее широко для этих целей используются хлорофилл-*a*, прозрачность воды по диску Секки и общий фосфор. В 1977 году Карлсон разработал для этих показателей простые ИТС, которые широко используются в лимнологических исследованиях [2].

Шкала этого индекса является численной (табл.1.), что дает возможность определять большое число индивидуальных классов озер. Каждая основная область (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) трофического деления представляет собой удвоение концентрации поверхностной биомассы фитопланктона, которая делает классификацию трофического состояния более приемлемой. Численное значение ИТС можно рассчитать по значению прозрачности воды по диску Секки (ДС) и по концентрациям содержания в воде хлорофилла-*a* (Хла) и общего фосфора (Р), используя формулы Карлсона [2]:

$$\text{ИТС}_{\text{ДС}} = 60 - 14,4 \ln(\text{ДС}) \quad (1)$$

$$\text{ИТС}_{\text{Хла}} = 9,8 \ln(\text{Хла}) + 30,6 \quad (2)$$

$$\text{ИТС}_{\text{Р}} = 14,42 \ln(\text{Р}) + 4,15 \quad (3)$$

ИТС могут быть использованы для классификации всех типов водных поверхностей, включая реки и сточные водотоки. С помощью фосфорного индекса можно оценить характер влияния различных источников биогенных веществ на антропогенное евтрофирование. Он дает возможность предсказать потенциальную биомассу первичной продукции в водоеме, получаемую от антропогенного евтрофирования.

Таблица 1.

Полная шкала индекса трофического состояния ИТС и связанных с ней показателей трофического состояния водоемов [2]

ИТС	ДС, м	P, мкг/л	Хла, мкг/л
0	64	0,75	0,04
10	32	1,5	0,12
20	16	3	0,34
30	8	6	0,94
40	4	12	2,6
50	2	24	6,4
60	1	48	20
70	0,5	96	56
80	0,25	192	154
90	0,12	384	427
100	0,062	786	1183

При дистанционном зондировании трофического состояния озерных систем в основном используются светопоглощающие и светорассеивающие характеристики природных вод. Одной из важных характеристик трофического состояния водоемов является прозрачность воды. Антропогенное евтрофирование водоемов чаще всего проявляется в массовом развитии планктонных водорослей, что приводит к значительному снижению прозрачности воды. Прозрачность воды в основном обусловлена содержанием в ней различных окрашенных растворенных и взвешенных веществ. Отражательная способность воды изменяется с концентрацией хлорофилла-*a*. Увеличение концентрации хлорофилла-*a* имеет тенденцию уменьшать отражательную способность воды в синих длинах волн и увеличивать его в зеленых длинах волн.

Эффективность применения аэрокосмической информации для контроля процессов антропогенного евтрофирования и трофической классификации озерных экосистем во многом определяется технологией проведения комплексных подспутниковых экспериментов. Начиная с 1981 г. в качестве основного объекта подспутниковых исследований был выбран водный бассейн Ладожского озера, так как в этом бассейне, вследствие антропогенного евтрофирования и перемешивания различных водных масс показатели качества вод имеют значительные изменения, что является важным условием тестового участка при проведении подспутниковых экспериментов.

В работе использовались данные измерений прозрачности воды и содержания хлорофилла-*a* в водоемах бассейна Ладожского озера. Эти материалы были полученные в 1982-1984 годах Всесоюзным научно-исследовательским институтом по охране вод и Институтом озераедения АН СССР. Из анализа данных этих экспериментальных исследований следует, что измеряемые показатели качества вод на исследуемых участках бассейна Ладожского озера имеют большие и устойчивые изменения и поэтому по полученным материалам возможно установление корреляционных связей и уравнений регрессии между дешифровочными признаками космических снимков и показателями качества вод. Корреляционный и регрессионный анализ результатов подспутниковых исследований и данных Landsat, Terra/Aqua-MODIS проводился с использованием пакета анализа данных (инструменты: корреляция, регрессия) MS Office Excel.

В работе использовался корреляционный и регрессионный анализ данных контактных измерений прозрачности воды по диску Секки и хлорофилла-*a* и данных яркостей водной поверхности на космических снимках TM1-TM8 сканера ETM+ Landsat-7 и каналах b1, b2 ИСЗ Terra/Aqua-MODIS. Были получены уравнения множественной регрессии между зональными яркостями водной поверхности изображений сканера ETM+ спутника Landsat-7 и прозрачностью воды по диску Секки и содержанием в воде хлорофилла-*a* (формулы 4, 5) [3]:

$$\ln DC = 1.807701 TM1/TM3 - 0.10274 TM4 - 1.55878, \quad (4)$$

$$R^2 = 0.63, \text{ стандартная ошибка: } 0.348$$

$$\ln X_{\text{Ла}} = 5.241475 + 0.115155 TM4 - 3.24954 TM1/TM2 \quad (5)$$

$$R^2 = 0.73, \text{ стандартная ошибка: } 0.493$$

Из анализа полученных уравнений множественной регрессии следует, что для хлорофилла-*a* была получена более тесная связь с данными космических изображений квадрат множественной корреляции $R^2 = 0.73$, а для прозрачности $R^2 = 0.63$.

В таблице 2. приведена матрица корреляции для определения корреляционных связей между данными прозрачности воды по диску Секки и данными о яркостях водных поверхностей полученными со снимков Terra-MODIS. Из анализа матрицы коэффициентов корреляции для прозрачности воды наилучшая корреляция была для $\ln DC$ ($R = -0.973$) и высокая для DC ($R = -0.894$) с каналом b1.

Таблица 2.

Матрица коэффициентов корреляции между яркостью водной поверхности изображений в первом и втором каналах съемки спектрорадиометра Terra-MODIS и прозрачностью воды по диску Секи

	ДС	$\ln DC$	b1	b2	b1/b2
ДС	1				
$\ln DC$	0,946116	1			
b1	-0,89366	-0,97306	1		
b2	-0,58464	-0,77213	0,764199	1	
b1/b2	0,153368	0,247841	-0,26471	-0,58714	1

В таблице 3. приведена матрица корреляции для определения корреляционных связей между данными содержанием в воде хлорофилла-*a* и данными о яркостях водных поверхностей на снимках спектрорадиометра Тетра-MODIS. Для содержания в воде хлорофилла-*a*, были получены высокие корреляционные связи для $\ln X_{\text{Ла}}$ с каналом съемки b1 ($R = 0,958$) и для $X_{\text{Ла}}$ с каналом съемки b2 ($R = 0,987$). Полученные тесные корреляционные связи объясняются тем, что в проведенных исследованиях использовались данные от олиготрофных вод до пятен «цветения» воды, с содержанием хлорофилла-*a* более 5000 мкг/л и прозрачностью воды от 0,2 до 5,1 метров и большим диапазоном изменений яркости водоемов в каналах b1 и b2 от 17 до 5908 пикселей.

Таблица 3.

Матрица коэффициентов корреляции между яркостью водной поверхности изображений в первом и втором каналах съемки спектрорадиометра Тетра-MODIS и содержанием в воде хлорофилла-*a*

	$X_{\text{Ла}}$	$\ln X_{\text{Ла}}$	b1	b2	b1/b2
$X_{\text{Ла}}$	1				
$\ln X_{\text{Ла}}$	0,602088	1			
b1	0,527983	0,958273	1		
b2	0,987493	0,707492	0,648412	1	
b1/b2	-0,49129	-0,58946	-0,52898	-0,55462	1

Используя эти результаты, были получены уравнения множественной регрессии между зональными яркостями водной поверхности изображений спектрорадиометра Тетра-MODIS и прозрачностью воды по диску Секки и содержанием в воде хлорофилла-*a*. Эти уравнения регрессионных моделей представлены (формулы 6 - 11):

$$\ln DC = \ln X_{\text{Ла}} = 1,032946 + 0,009029b_1, \quad (6)$$

$$R^2 = 0,918, \text{ стандартная ошибка: } 0,273$$

$$\ln X_{\text{Ла}} = 0,980571b_2 - 83,6801, \quad (7)$$

$$R^2 = 0,975, \text{ стандартная ошибка: } 0,252$$

$$\ln X_{\text{Ла}} = 1,101244 + 0,008121b_1 + 0,000288b_2, \quad (8)$$

$$R^2 = 0,931, \text{ стандартная ошибка: } 77,313$$

$$\ln DC = 1,262747 - 0,00362b_1 \quad (9)$$

$$R^2 = 0,947, \text{ стандартная ошибка: } 0,130$$

$$\ln DC = 1,249339 - 0,00343b_1 - 0,00013b_2 \quad (10)$$

$$R^2 = 0,949, \text{ стандартная ошибка: } 0,128$$

$$DC = 3,018286 - 0,0536b_1 \quad (11)$$

$$R^2 = 0,799, \text{ стандартная ошибка: } 0,407$$

В настоящее время уделяется большое внимание разработке методов мониторинга водных бассейнов, используя алгоритмы корреляционного и

регрессионного анализов для оценки качества воды посредством наземных измерений и отражательных способностей диапазонов Landsat-5/7 [4, 5]. Для создания растровых карт трофического состояния водоемов необходимо на космических снимках отделить воду от суши. Для решения этой задачи перспективно использовать космические снимки, полученные в пятом канале съемки TM5 Landsat-5/7. В этом диапазоне съемки наблюдается наибольший контраст между сушей, водой и хорошо отделяются от участков суши покрытой тенью от облаков.

Для построения растровых карт более 4000 озер и водохранилищ территории Украины использовались данные ортомозаик космических изображений из 78 снимков в каналах съемки TM1-TM5 Landsat-5/7. При вырезании водоемов из этих изображений с использованием инструмент маскирования в ERDAS IMAGINE применялись космические снимки, полученные в пятом канале съемки TM5 Landsat-5/7. В этом диапазоне съемки наблюдается наибольший контраст между сушей, водой и хорошо отделяются от участков суши покрытой тенью от облаков. Для вырезания из этих изображений водоемов Украины была также построена маска водных объектов. Из анализа этой маски ортотрансформированного мозаичного изображения Украины составленного из 78 снимков TM5 оказалось, что водоемы маскируются облачными тенями, так как она была составлена из снимков, снятых в различные периоды. Поэтому для построения космических карт водоемов всей Украины также дополнительно использовалась векторная маска водных объектов SWBD полученной с помощью метода радарной интерферометрии данных двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR и утилита Clip в ArcGIS. Пространственное разрешение космических снимков Landsat и радиолокационной съемки водоемов равнялось 30 метрам. Так как эти обе съемки производились в 2000 году, поэтому то были получены хорошие результаты при вырезании водоемов с ортотрансформированных мультиспектральных космических изображений Украины. После двойного маскирования водоемов с использованием векторной маски водных объектов SWBD и маски водоемов полученной в пятом канале съемки Landsat получались космические изображения водоемов, полученные в различных зонах спектра, которые были использованы при разработке методов трофической классификации водных объектов из космоса.

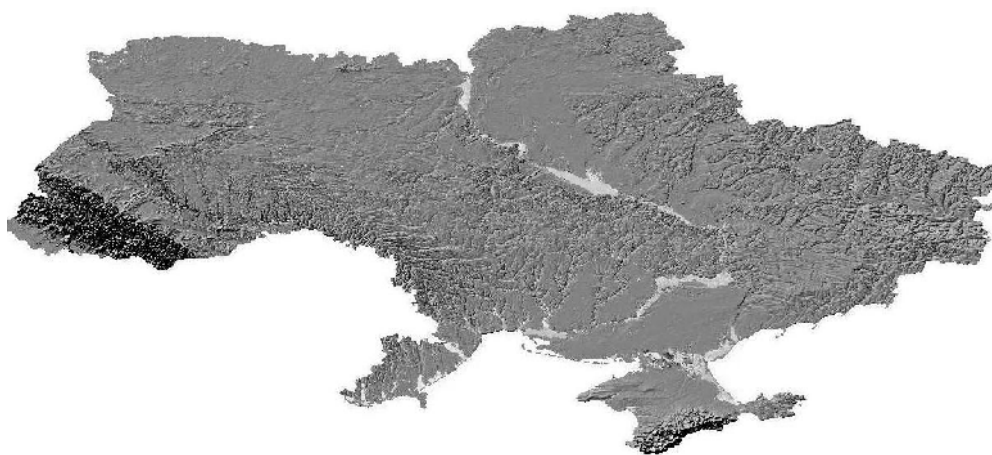
При разработке методов мониторинга трофического состояния водных бассейнов, использовались индексы трофического состояния (формулы 1, 2) и уравнения множественной линейной регрессии (формулы 4, 5). Из этих уравнений были получены уравнения для трофической классификации водоемов Украины с использованием данных Landsat.

$$ИТС_{дс} = 37.54 - 26.05 TM1/TM3 - 1.48 TM4 \quad (12)$$

$$ИТС_{хл\alpha} = 82.02 - 31.88 TM1/TM2 - 13 TM4 \quad (13)$$

При автономной классификации использовались мозаики 78 ортотрансформированных космических снимков ETM+ Landsat-7 в каналах съемки TM1, TM2, TM4 и TM5. В работе был использован индекс трофического состояния, полученный на основе содержания хлорофилла-*a* (формула 12), так как множественная регрессия для хлорофилла-*a* имела более тесную связь с данными

космических изображений ($R^2 = 0,73$). После двойного маскирования водоемов с использованием векторной маски водных объектов SWBD и маски водоемов полученной в канале TM5 было выделено более 4000 водоемов Украины. С помощью растрового калькулятора ArcGIS и автономной классификации в ERDAS IMAGINE была произведена трофическая классификация более 4000 озер, лиманов и водохранилищ Украины с пространственным разрешением 30 метров. В дальнейшем цветные результаты этой трофической классификации по данным TM/ETM+ Landsat-5/7 совмещались в ArcGIS с черно-белой ортомозаикой SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов или изображением Украины составленных из 78 космических снимков в TM8 Landsat-7 с разрешением 15 метров. Результаты этой трофической классификации по данным TM/ETM+ Landsat-5/7 приведены на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины и Харьковской области представлены на Рис. 1. и Рис. 2. В работе показано, что из комплексных электронных карт трофического состояния водоемов Украины при уменьшении масштаба с 1:5000000 до 1:150000 например можно получить карты трофического состояния Шацких озер.

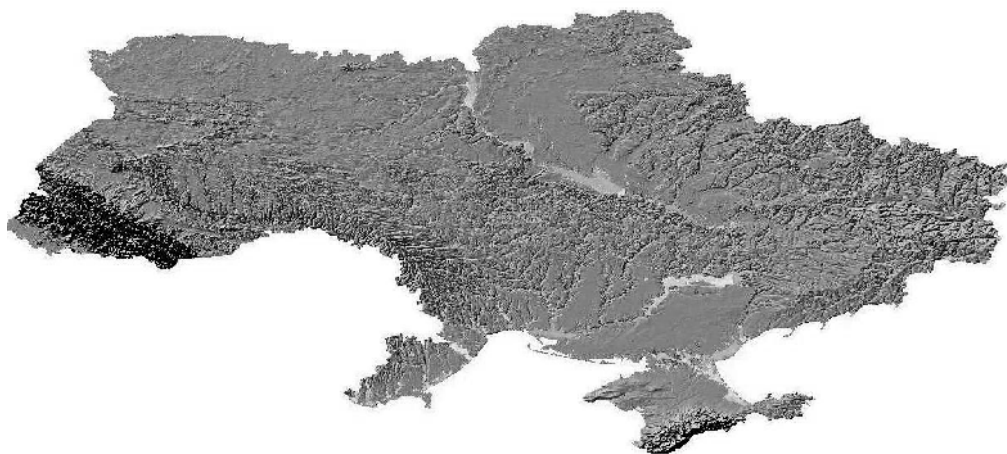


	ИТС	ДС (м)	Х.ла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 1. Трофическая классификация в 2000 году более 4000 водоемов по данным ETM+ Landsat-7, синтез каналов на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины.

Одна из проблем зондирования водной поверхности в видимом диапазоне заключается в отсутствии универсальных алгоритмов восстановления искомым параметров по спутниковым данным. В настоящее время система MODIS имеет стандартные алгоритмы, разработанные ведущими космическими агентствами, предназначены только для исследования открытого океана с пространственным разрешением 1 км в 8-16 каналы и позволяют восстанавливать лишь один параметр

- концентрацию хлорофилла-*a* фитопланктона [6]. Состав прибрежных и внутренних вод является более сложным, поэтому информация только о хлорофилле-*a* оказывается недостаточной для характеристики состояния таких водоемов и происходящих в них процессов. Кроме того, оптические свойства растворенных и взвешенных в воде веществ, специфичны для конкретных прибрежных и внутренних водоемов. Существует необходимость разработки алгоритмов обработки данных MODIS в первом и втором каналах съемки, с помощью которых возможно восстановление показателей трофического состояния внутренних водоемов с различными оптическими свойствами.

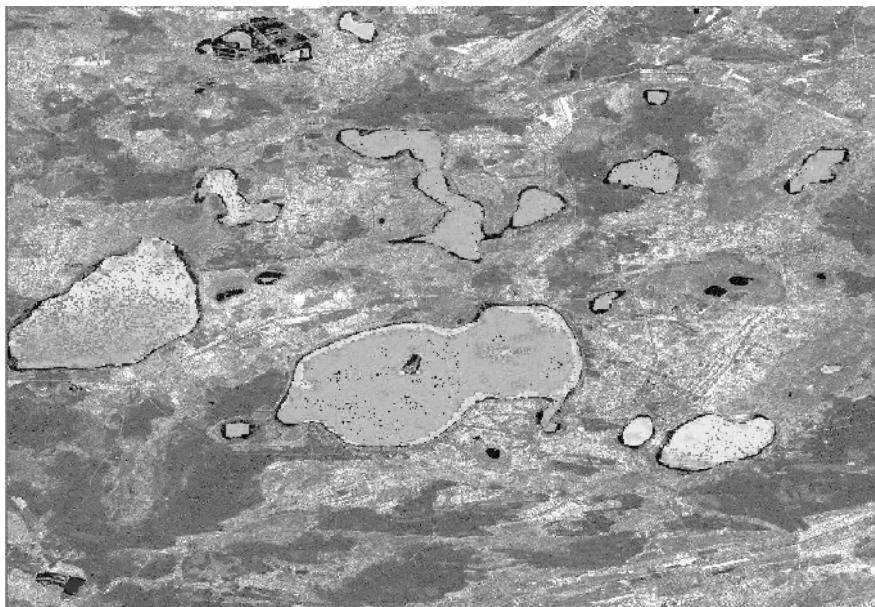


	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 2. Трофическая классификация в 1990 году более 4000 водоемов по данным TM Landsat-5, мультиспектральный синтез на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины.

Вторая проблема зондирования в видимом и инфракрасном диапазонах системы MODIS связана с влиянием облачности и неточной коррекцией влияния атмосферы, которые уменьшают объем спутниковой информации и снижают качество космических данных. Общая практика состоит либо в использовании единичных безоблачных снимков для получения мгновенной картины распределения того или иного параметра, либо в расчете усредненного изображения по серии последовательных снимков водной поверхности частично экранированной облаками. Для адекватного изучения динамики внутриводных процессов необходимы алгоритмы обработки серий космических снимков для их очистки от влияния облачности и состояния загрязнения атмосферы. Для решения этой задачи использовалась двойная маска водоемов с использованием растровой маски водных объектов и маски водоемов полученной во втором канале съемки MODIS.

На рис. 4. представлена ортотрансформированная мозаика растровой маски водных объектов Восточной Европы. Маска (MODIS/Terra Land Water Mask),



	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 3. Трофическая классификация Шацких озер в 1990 году по данным TM Landsat-5, синтез на фоне съемки в черно-белом канале TM8 Landsat-7 15 июля 2001года.

полученная с использованием данных съемки STRM 3 в 2000 году [7].

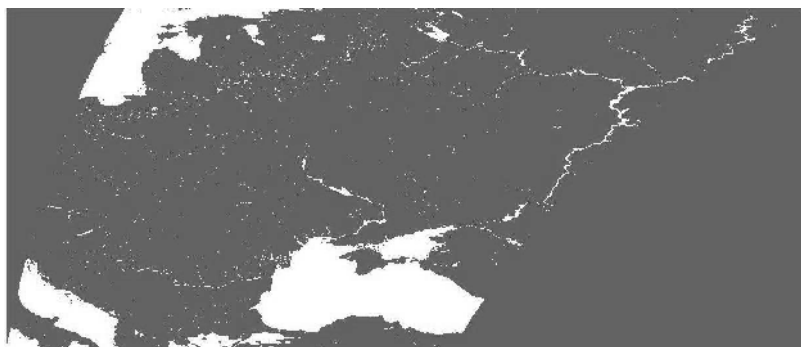


Рис. 4. Маска водных объектов (MODIS/Terra Land Water Mask) Европы, полученная по данным глобальной космической съемки STRM.

Для разработки технологии космического мониторинга внутренних водоемов с использованием данных MODIS из уравнений регрессионных моделей (формулы 6, 9) совместно с индексами трофического состояния (формулы 1, 2) получим уравнения индексов трофического состояния. Полученные модели для определения индексов трофического состояния водоемов с использованием данных спектрорадиометра MODIS имеют вид:

$$ИТС_{х_{та}} = 40,733 + 0,089b \quad (14)$$

$$ИТС_{дс} = 41,804 + 0,052b \quad (15)$$

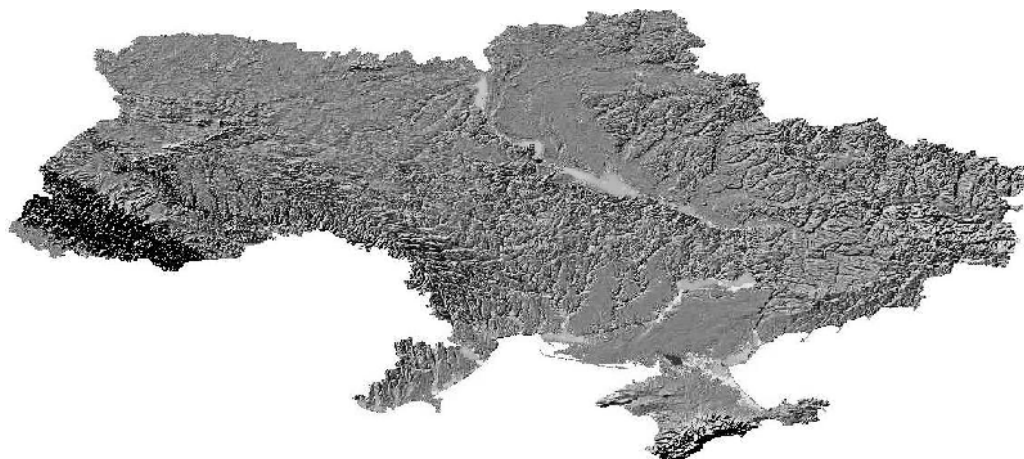
Из анализа этих уравнений индексов трофического состояния следует, что они близки между собой и могут использоваться для разработки методов мониторинга трофического состояния большинства озер, лиманов и водохранилищ Украины. Для изучения динамики «цветения» водоемов с высоким содержанием хлорофилла-*a* и малой прозрачностью воды необходимо использовать уравнения регрессионных моделей (формулы 7, 8, 10). Используя эти модели совместно с индексами трофического состояния (формулы 1, 2) получим уравнения для определения индексов трофического состояния для водоемов подверженных «цветению» воды с использованием данных спектрорадиометра MODIS. Они имеют следующий вид:

$$ИТС_{х_{та}} = 41,403 + 0,080b + 0,0028b^2 \quad (16)$$

$$ИТС_{дс} = 41,997 + 0,049b + 0,0019b^2 \quad (17)$$

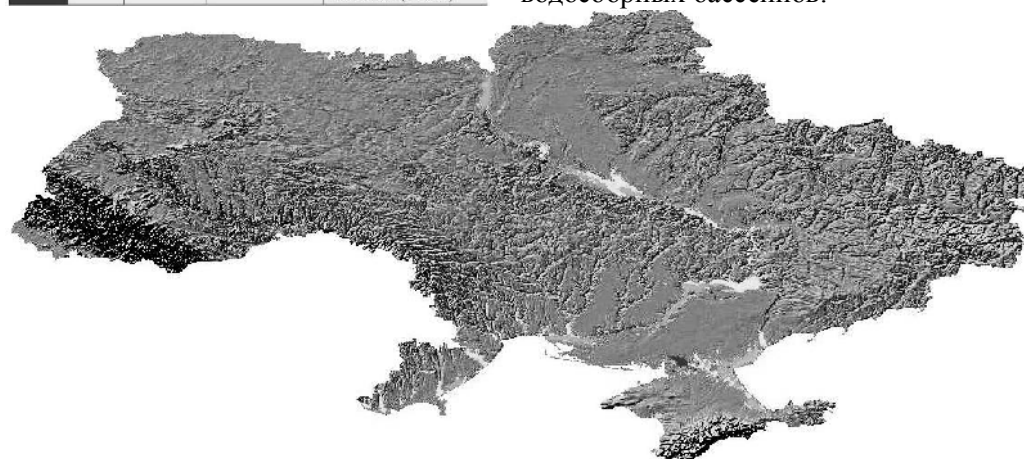
$$ИТС_{х_{та}} = 9,62b^2 - 790,3 \quad (18)$$

Перед разбивкой водоемов по трофическим классам произведем вырезание водных объектов с помощью двойной маски. После этого с помощью растрового калькулятора ArcGIS по уравнению (14) для $ИТС_{х_{та}}$ произведем преобразование космических изображений водоемов в зоне спектра b_1 MODIS. Полученное изображение трофического состояния водоемов в ERDAS IMAGINE с использованием автономной классификации (Unsupervised Classification) разобьем на 8 классов. В работе был использован индекс трофического состояния, полученный на основе содержания хлорофилла-*a* (формула 14), так как множественная регрессия для хлорофилла-*a* имела более тесную связь с данными космических изображений ($R^2 = 0,92$). Результаты этой трофической классификации в июле - августе 2010 года по данным Terra-MODIS приведены на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины и Харьковской области и представлены на рис. 5. и рис. 6.



	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 5. Мониторинг трофического состояния водоемов Украины 30 июля 2010 года по данным Terra-MODIS с разрешением 250 м на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов.



	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 6. Мониторинг трофического состояния водоемов Украины 5 августа 2010 года по данным Terra-MODIS с разрешением 250 м на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов.

Список литературы

1. Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология / Б. Хендерсон-Селлерс [пер. с англ. под ред. К.Я. Кондратьева]. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 335 с.
2. Carlson R.E. A Trophic State Index for lakes / R.E Carlson. // *Limnol. And Oceanography*. – 1977. - 22(2). - P. 361-369.
3. Kloiber S.M. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data / S.M. Kloiber, P.L Brezonik, L.G. Olmanson, M.E. Bauer // *Remote Sensing of Environment*. 2002. - 82, N 1, P 38-47.
4. Brezonik P.L. Landsat-based Remote Sensing of Lake Water Quality Characteristics, Including Chlorophyll and Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) / P.L. Brezonik, K.D. Menken, M.E. Bauer // *Lake and Reservoir Management*, 2005. – 21(4), P. 373-382.
5. Шумаков Ф.Т. Космический мониторинг евтрофирования водных ресурсов Украины / Ф.Т. Шумаков // *Коммунальное хозяйство городов*. Киев, «Техника». Вып. 79. 2007. – С. 217-231.
6. D Blondeau-Patissier Comparison of bio-physical marine products from SeaWiFS, MODIS and a bio-optical model with *in situ* measurements from Northern European waters / D Blondeau-Patissier, G H Tilstone, V Martinez-Vicente and G F Moore // *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 2004. – vol. 6, P. 875-889.
7. MODIS/Terra Land Water Mask Derived from MODIS and SRTM L3 Global 250m SIN Grid / Distributed Active Archive Centers (DAACs) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://e4eil01.cr.usgs.gov:22000/WebAccess/home>

Шумаков Ф.Т. Розроблення методів космічного моніторингу трофічного стану водоймищ / Ф.Т.Шумаков // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: Географія. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С.162-172.

У роботі розглянуті питання використання даних Landsat-5 / 7 і Terra / Aqua-MODIS для трофічної класифікації озер і водосховищ України. Для вирішення цього завдання використовувалася подвійна маска, отримана за знімками в ближній ІЧ зоні спектра і векторною маскою водних об'єктів SWBD. Вперше проведена трофічна класифікація більше 4000 озер і водосховищ території України з використанням даних ортомозаїки 78 мультиспектральних космічних зображень TM Landsat-5 і ETM + Landsat-7. Розроблена та апробована в липні-серпні 2010 року технологія оперативного моніторингу трофічного стану великих водойм з використанням мозаїк космічних мультиспектральних ортотрансформованих знімків Terra / Aqua-MODIS.

Ключові слова: водойма, трофічна класифікація, космічне зображення, подвійна маска, космічний моніторинг, Landsat, MODIS

Shumakov F.T. Development of methods for satellite monitoring of trophic status of water bodies / F.T. Shumakov // *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University*. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 162-172.

The paper discusses the use of the data of Landsat-5 / 7 and Terra / Aqua-MODIS for trophic classification of lakes and reservoirs in Ukraine. To solve this problem, we used a double mask, obtained from the images in the near infrared region of the spectrum and vector mask waters SWBD. For the first time trophic classification is made more than 4000 lakes and reservoirs in Ukraine using data ortomozaiki 78 multispectral satellite images of Landsat-5 TM and ETM + Landsat-7. Developed and tested in July-August 2010 Technology of operational monitoring of the trophic state of large bodies of water using multispectral mosaics orthorectification of satellite images Terra / Aqua-MODIS.

Key words: reservoir, trophic classification, space image, a double mask, space monitoring, Landsat, MODIS

Поступила в редакцію 03.05.2011 г.