

УДК 528.854

Ле Хунг Чинь¹, М.К. Тарасов²

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕСИ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ВОДОХРАНИЛИЩА ЧИ АН (ВЬЕТНАМ) ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Мониторинг взвешенных веществ – важная задача при оценке качества воды. Традиционные методы не всегда эффективны при решении задач на глобальном уровне. С развитием аэрокосмических методов космические изображения широко используются при оценке концентрации взвешенных веществ. Статья посвящена решению задачи мониторинга концентрации взвешенных частиц в поверхностной воде водохранилища Чи Ан (Вьетнам) по данным многозональной съемки Landsat-7. Полученные результаты могут быть использованы для создания карты распространения взвешенных веществ и оценки качества воды.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, мониторинг качества воды, взвешенные вещества, коэффициент отражения, Landsat-7, многозональная съемка.

Введение. Технологии дистанционного зондирования эффективно применяются при изучении окружающей среды, в том числе и для мониторинга качества воды [Никаноров, 2005; Doxaran et al., 2007; Moran et al., 1992]. Такие достоинства, как широкий охват территории и частая повторяемость съемки, делают их распространенным инструментом при изучении обширных акваторий водохранилищ [Cox et al., 1998; Wang et al., 2004; Yarger et al., 1973].

Статья посвящена методике определения мутности воды по космическим снимкам Landsat-7 и возможности использовать полученные данные при экологическом мониторинге качества воды. В качестве примера авторы рассматривают показатель предельного значения общего количества взвешенных частиц, представленный в «Национальном техническом регламенте качества поверхностной воды QCVN 08:2008/BTNMT» [National..., 2014] как один из основных параметров, используемых для классификации водных объектов в целях водопользования.

Водоохранилище Чи Ан образовалось в результате постройки в 1984–1987 гг. при помощи Советского Союза плотины электростанции на р. Донгнай (округ Вин Чу, провинция Донгнай), оно расположено на 80 км вверх по течению от г. Хошимин (рис. 1), это один из крупнейших во Вьетнаме водоемов с объемом воды 2765 км³ и площадью водной поверхности 323 км² [Dongnai..., 2015].

Показатель предельного значения общего количества взвешенных частиц – один из основных параметров при экологическом мониторинге водохранилищ. Взвешенные частицы ощутимо влияют на температуру воды, стратификацию и биологическую составляющую воды, а также на транспортировку химических веществ и патогенных агентов. Однако этот показатель не учитывает состав и происхождение взвешенных частиц. По полевым дан-

ными можно связать параметр концентрации взвеси с концентрацией вредных веществ.

Традиционные методы измерения мутности воды требуют больших временных и материальных затрат на организацию экспедиций по отбору проб воды и на лабораторные анализы, что делает практически невозможными такие исследования для всей акватории значительного по площади объекта, а тем более при изучении водных объектов на всей территории государства. Кроме того, оперативность получаемых данных о качестве воды остается очень низкой, что в свою очередь снижает качество прогнозирования. Эти проблемы могут быть решены с помощью применения дистанционных методов определения мутности воды.

Материалы и методы исследований. Для оценки концентрации взвешенных частиц в водохранилище Чи Ан использованы многозональные снимки ETM+/Landsat, сделанные 12 февраля 2010 г. (рис. 1) на борту Landsat-7 с помощью Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) – многозонального радиометрического датчика, имеющего 8 каналов с разным спектральным и пространственным разрешением (15, 30, 60 м). Среднее разрешение и большая ширина охвата (185 м) обуславливают наиболее частое применение снимков Landsat в региональных исследованиях.

В работе использованы снимки в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра (0,459–0,515, 0,525–0,605, 0,630–0,690, 0,775–0,900 мкм) с пространственным разрешением 30 м.

Полевые данные получены в ходе научно-исследовательских экспедиций в январе–марте 2010 г. на 10 станциях (рис. 2), расположенных вдоль береговой линии водохранилища [Dongnai..., 2015]. Отбор проб выполнялся во время сухого сезона при незначительном колебании величины расхода рек

¹ Государственный технический университет имени Ле Куй Дона, кафедра геодезии и картографии, Вьетнам, Ханой, PhD, канд. техн. н.; *e-mail*: tringlehung125@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, аспирант; *e-mail*: mixail.tarasov@gmail.com

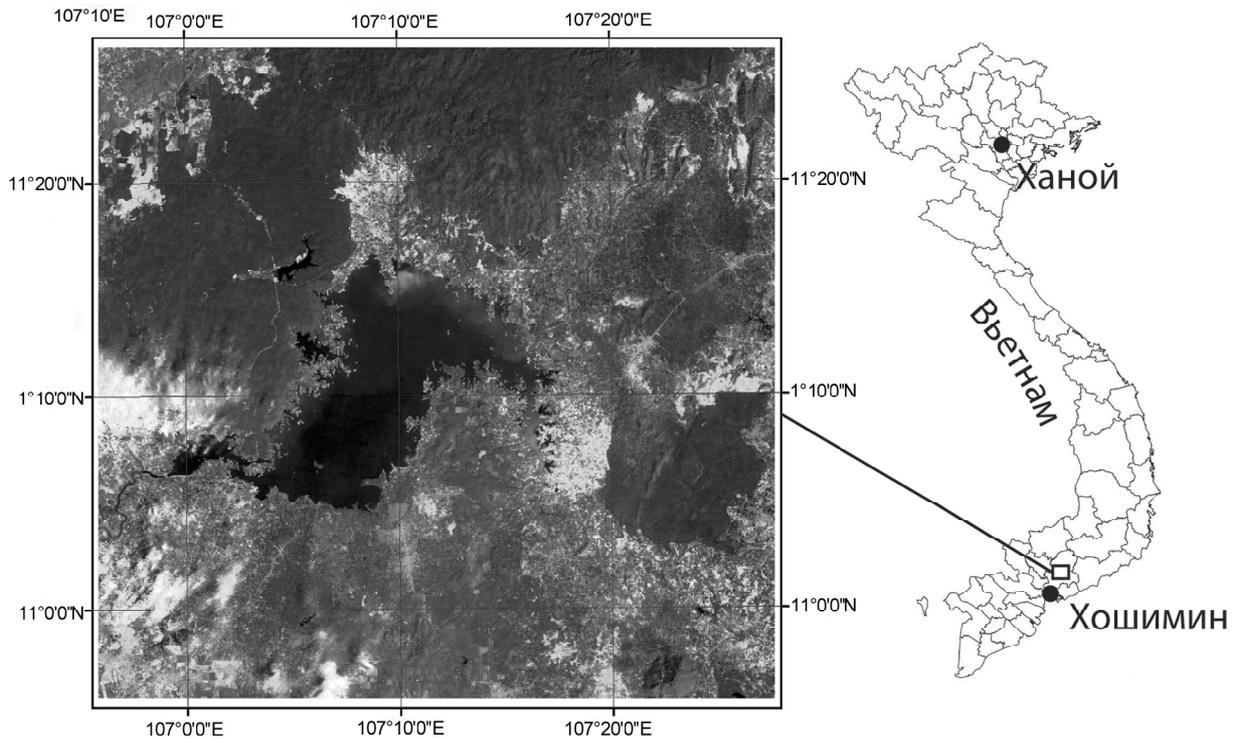


Рис. 1. Водохранилище Чи Ан, съемка ETM+/Landsat-7, 12 февраля 2010 г.

Fig. 1. The Tri An water reservoir. ETM+/Landsat-7, February 12, 2010

(табл. 1) [Dung et al., 2014]. Для р. Донгнай эти колебания составили 11% от среднегодового показателя расхода, для р. Ланга – 14%.

В середине сухого сезона, который во Вьетнаме длится с ноября по апрель включительно, в составе взвеси в реках абсолютно преобладают русловые наносы [Алексеевский, 1998], следовательно, мутность воды напрямую зависит от расхода воды. Это дает нам основание говорить о том, что мутность воды в реках за период отбора проб изменилась незначительно.

Концентрация взвешенных частиц определена методом фильтрации проб воды (табл. 2). В общем случае увеличение мутности повышает яркость водной толщи. Следовательно, задача определения концентрации взвешенных минеральных частиц по аэрокосмическим снимкам сводится к установлению зависимости между ней и яркостью изображения водной поверхности на снимке.

Подготовка съемочных данных. Выделение изображения водной поверхности (маскирование изображения суши) выполнено с использованием автоматического алгоритма

[Alesheikh et al., 2007]. Чтобы избежать погрешностей, связанных с условиями съемки, первоначальные значения яркости (*DN*) необходимо перевести в значения коэффициента отражения на верхней границе атмосферы путем радиометрической и атмосферной коррекции изображения.

На первом этапе значения яркости на снимке *DN* преобразуются в единицы спектрального излучения

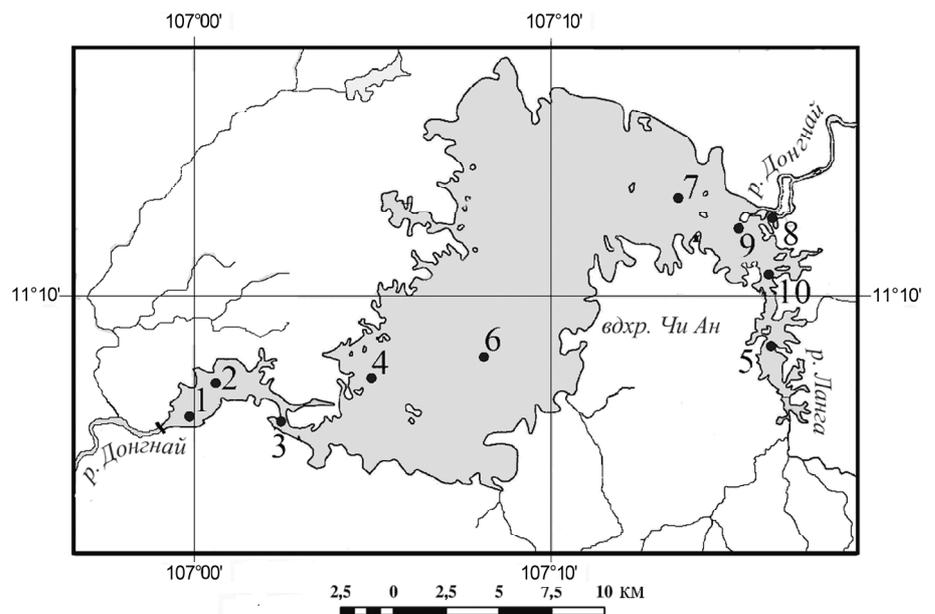


Рис. 2. Точки отбора проб на концентрацию взвешенных частиц в водохранилище Чи Ан в феврале 2010 г., по [LANDSAT-7..., 2014]

Fig. 2. Sampling sites over the Tri An water reservoir on February 12, 2010, by [LANDSAT-7..., 2014]

Таблица 1

Среднемесячный расход воды в реках Донгнай и Ланга в 2010 г., м³/с

Река	Месяц												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Донгнай	81	54	45	78	168	304	460	709	783	709	353	151	324
Ланга	19	12	9	11	27	69	121	181	179	153	73	35	74

на апертуре сенсора (L_λ) с помощью калибровочных параметров по формуле [Landsat...,2014]:

$$L_\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{DN_{\max} - DN_{\min}}(DN - DN_{\min}) + L_{\min}, \quad (1)$$

где L_λ – спектральное излучение на апертуре сенсора [Вт/(м²sr, нм)], DN_{\max} и DN_{\min} – максимальное и минимальное квантованное калиброванное значения пиксела снимка соответственно ($DN_{\max} = 255$, $DN_{\min} = 1$) [DN], DN – квантованное калиброванное значение пиксела снимка, L_{\max} и L_{\min} – спектральное излучение на сенсоре для каждого канала ETM+/Landsat, приведенное к значениям DN от 1 до 255 [Вт/(м²sr, нм)] (табл. 3).

Таблица 2

Концентрация взвешенных частиц в точках отбора проб, мг/л

Станция отбора проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрация взвеси	2	2	3	2	3	2	6	13	13	23

На втором этапе для атмосферной коррекции использован метод темных объектов. Как предложено в работах [Chavez, 1996; Moran et al., 1992], вычисляется теоретическое спектральное излучение «темного» объекта и теоретический коэффициент отражения принимается за 1%:

$$L_{\lambda 1\%} = \frac{0,01 \cos(\Theta_s) d^2}{\pi ESUN_\lambda}, \quad (2)$$

где $ESUN_\lambda$ – среднее внеатмосферное солнечное излучение [Вт/(м²sr, нм)], приведенное в табл. 3; Θ_s – зенитный угол Солнца [град.]; d – расстояние от Земли до Солнца [астрон. ед.], которое может быть вычислено по формуле: $d = (1,0 - 0,01674 \cos(0,9856(D - 4)))$, где D – порядковый номер дня в году.

На третьем этапе вычисляются значения параметра дымки, которая может присутствовать на изображении:

$$L_{\lambda haze} = L_\lambda - L_{\lambda 1\%}. \quad (3)$$

На последнем этапе предварительной подготовки снимка значения спектрального излучения преобразуются в значения яркости на верхней границе атмосферы по следующей формуле:

$$\rho = \frac{\pi d^2 (L_\lambda - L_{\lambda 1\%})}{ESUN_\lambda \cos(\Theta_s)}. \quad (4)$$

Известно, что для поверхностных вод прослеживается строгая взаимосвязь между спектральными характеристиками и натурными измерениями мутности [Никаноров, 2005; Doxagan et al., 2007; Rodriguez-Guzman, Gilbes-Santaella, 2009]. Для определения связи между значениями яркости в первых 4-х каналах LANDSAT и результатами полевых измерений использовано уравнение линейной регрессии:

$$SS = 7,19B1 + 5,60B2 - 2,64B3 + 2,28B4 - 14,134, \quad (5)$$

где SS – концентрация взвешенных частиц в воде (мг/л), $B1, B2, B3, B4$ – значения яркости на верхней границе атмосферы (σ) для голубого, зеленого, красного и ближнего ИК-каналов соответственно. Алгоритм расчета концентрации взвешенных частиц по снимкам Landsat показан на рис. 3. Величина достоверности аппроксимации (R^2) равна 0,87, что соответствует высокому показателю взаимосвязи данных.

Заключительный этап – создание карты распределения мутности в поверхностном слое воды в водохранилище на основе пересчитанного в значения мутности снимка Landsat. Непрерывная шкала, охватывающая весь диапазон значений концентрации, была разделена на ступени. Интервал между ступенями должен быть как минимум в 2 раза больше, чем ошибка определения показателя по карте. Среднее отклонение смоделированных значений мутности от реальных составило около 1 мг/л, что дает основание принять шаг в легенде в 2 мг/л. Итоговая карта представлена на рис. 4.

Таблица 3

Значения L_{\max} и L_{\min} и параметры солнечного излучения (ESUN) для ETM+/Landsat-7, по [LANDSAT-7..., 2014]

Канал	Длина волны, нм	L_{\max}	L_{\min}	ESUN, Вт/м ² sr, нм
1	0,450–0,515	191,6	–6,2	1997
2	0,525–0,605	196,5	–6,4	1812
3	0,630–0,690	152,9	–5,0	1533
4	0,750–0,900	241,1	–5,1	1039

Результаты исследований и их обсуждение.

На построенной нами карте зафиксировано распределение концентрации взвешенных частиц в водохранилище Чи Ан 12 февраля 2010 г. С помощью карты можно проанализировать концентрацию взве-

си в воде и маршруты ее распространения более детально, чем при полевых исследованиях.

Определенная по карте мутность воды колеблется от 0 до 23 мг/л. На основной акватории водохранилища значения мутности составляют 2–8 мг/л, при этом в северной части мутность воды выше, чем в южной. Самые высокие значения мутности на карте (>18 мг/л) наблюдаются в восточной части водохранилища в устьях рек Донгнай и Ланга. В узком устье р. Ланга на протяжении 10 км мутность постепенно несколько снижается, но ближе к устью р. Донгнай возрастает снова. Таким образом, твердый сток двух крупных рек образует в северной части акватории участок повышенной концентрации взвеси, которая максимальна у полуострова, вдающегося в водохранилище с севера. Далее часть взвеси распространяется на юг. При движении к плотине взвесь постепенно оседает, и средняя мутность воды в южной части водохранилища снижается до 2–4 мг/л.

Связь между хозяйственной освоенностью берегов водохранилища и мутностью воды не наблюдается. Вблизи водохранилища нет крупных населенных пунктов, западное побережье покрыто лесами, остальная часть используется под сельское хозяйство. При этом у западного побережья наблюдается заметное повышение мутности, что противоречит логике (у залесенного берега должна наблюдаться меньшая мутность воды, чем у занятого сельскохозяйственными посадками). Это может быть связано с таким явлением, как направление перемещения волн на акватории водохранилища в момент съемки. Некоторое повышение мутности у берегов в это время могло быть связано с сильной береговой абразией [Wetlands..., 2001].

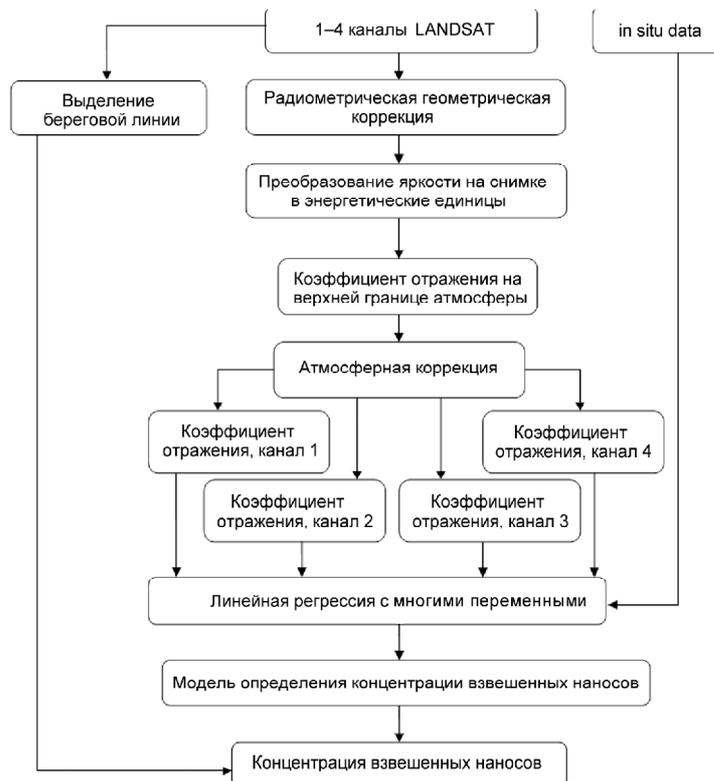


Рис. 3. Алгоритм определения значений концентрации взвешенных частиц по снимкам ETM+/Landsat-7

Fig. 3. The algorithm of evaluation of suspended matter concentrations from the ETM+/Landsat-7 images

Анализ полученных результатов пространственного распределения мутности показал, что концентрация взвешенных частиц в приповерхностных водах водохранилища Чи Ан в феврале 2010 г. неравномерна. Отмечены области с повышенной концентрацией взвеси (устья рек Донгнай, Ланга, северное побережье), но при этом основная поверхность водохранилища имеет мутность воды, соответствующую

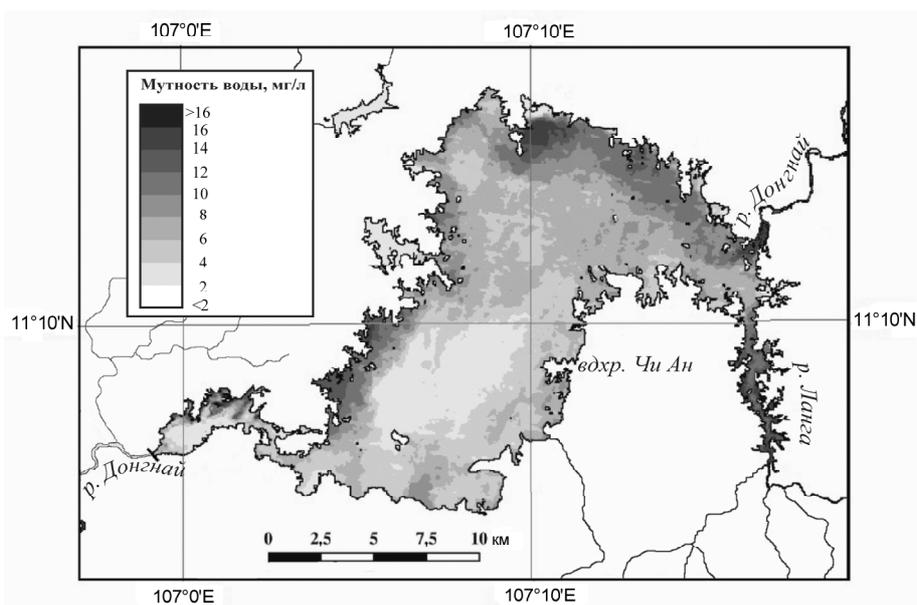


Рис. 4. Концентрация взвешенных частиц в поверхностном слое водохранилища Чи Ан 12 февраля 2010 г.

Fig. 4. Suspended matter concentrations in surface water of the Tri An water reservoir

высокому качеству согласно показателю предельного значения общего количества взвешенных частиц, т.е. эти воды можно использовать для водохозяйственных целей, частично с применением необходимых технологий.

Полученная с помощью дистанционных методов информация хорошо соотносится с результатами государственного мониторинга качества поверхностных вод в водохранилище Чи Ан. По данным наблюдений выявлено низкое качество поверхностных вод в верхнем бьефе водохранилища Чи Ан, в устье р. Донгнай и в нескольких других точках. Департамент природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама сообщает, что в этих областях концентрация взвешенных частиц во много раз превышает допустимые нормы для водохозяйственных целей. Основные районы с повышенной мутностью воды связаны с устьями рек Донгнай и Ланга, мутность которых в сухой сезон составляет 30–40 мг/л [Dongnai..., 2015].

Выводы:

- представлен простой и эффективный метод оценки концентрации взвешенных частиц в мутных эстуарных водах с использованием космических снимков;
- использованная модель оценки концентрации взвешенных частиц по значениям яркости в первых 4-х каналах многозонального снимка Landsat оказа-

лась успешной для исследования поверхностных вод в водохранилище Чи Ан. Карта, составленная с помощью данных дистанционного зондирования, отображает общую тенденцию к снижению концентрации взвешенных частиц при движении от устьев крупных рек к плотине, что соотносится с обширным опытом исследований водохранилищ [Авакян и др., 1987; Савкин, 2000; Cesare et al., 2001] и с результатами государственного мониторинга качества воды;

- по карте можно детально определить концентрацию взвеси в водохранилище и маршруты ее распространения. Связав определенную по карте концентрацию взвеси с параметром предельного значения общего количества взвешенных частиц, можно использовать эти данные при экологическом мониторинге качества воды в водохранилище;

- представленный метод позволяет получать карты мутности воды в водохранилище в любое время без использования наземных данных. Кроме того, с помощью этого метода можно строить карты распространения взвешенных частиц по всей акватории водохранилища, что невозможно с помощью точечного отбора проб воды;

- полученная таким образом информация может быть крайне полезна для органов управления водными ресурсами и для разработки программы по мониторингу наиболее динамичных и проблемных зон.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность И.А. Лабутиной за помощь при подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шаранов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
- Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 202 с.
- Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 576 с.
- Савкин В.М. Водохранилища Сибири, водно-экологические и водно-хозяйственные последствия их создания // Сибирский экол. журн. 2000. Т. 2. С. 109–121.
- Alesheikh A.A., Ghorbanali A., Nouri A. Coastline change detection using remote sensing // Int. J. Environ. Sci. Tech. 2007. Vol. 4, N 1. P. 61–66.
- Cesare G.D., Schleiss A., Hermann F. Impact of turbidity currents on reservoir sedimentation // J. Hydraulic Engineering. 2001. Vol. 127, N 1. P. 6–16.
- Chavez P.S. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1996. Vol. 62(9). P. 1025–1036.
- Cox Jr R.M., Forsythe R.D., Vaughan G.E., Olmsted L.L. Assessing water quality in Catawba River reservoirs using Landsat thematic mapper satellite data // Lake and Reservoir Management. 1998. Vol. 14, N 4. P. 405–416.
- Dongnai Department of Natural resources and Environment. URL: <http://tnmtdongnai.gov.vn/> (дата обращения: 25.12.2015).
- Doxaran D., Froidefond J., Lavender S., Castaing P. Spectral signature of highly turbid waters application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations // Remote Sensing of Environment. 2007. Vol. 81. P. 149–161.
- Dung D.D., Anh N.N., Ha D.T. Evaluation of changes of water resources in the Dong Nai river basin and its surrounding basins // J.

Water Resources and Environmental Engineering. 2014. Vol. 47. P. 19–26.

LANDSAT-7 science data users handbook (NASA). URL: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения: 16.10.2014).

Moran M.S., Jackson R.D., Slater P.N., Teillet P.M. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output // Remote Sensing of Environment. 1992. Vol. 41, Iss. 2–3. P. 169–184.

National Environmental Report 2012, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam. URL: <http://vea.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).

National technical regulations on surface water quality QCVN 08:2008/BTNMT. URL: <http://monre.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).

Rodriguez-Guzman V., Gilbes-Santaella F. Using MODIS 250 m Imagery to Estimate Total suspended sediment in a Tropical open bay // Intern. J. Systems Applications, Engineering & Development. 2009. Vol. 3, Iss. 1. P. 36–44.

Wang Y., Xia H., Fu J., Sheng G. Water quality change in reservoirs of Shenzhen, China: detection using LANDSAT/TM data // Sci. Total Environment. 2004. Vol. 328, N 1. P. 195–206.

Wetlands with high biodiversity and environmental value in Viet Nam. Hanoi: Ministry of Natural Resources and Environment, 2001.

Yarger H.L., McCauley J.R., James G.W. et al. Water turbidity detection using ERTS-1 imagery // NASA. Goddard Space Flight Center Symp. on Significant Results obtained from the ERTS-1. 1973. Vol. 1, Sect. A and B. P. 651–658.

Поступила в редакцию 14.05.2015
Принята к публикации 25.01.2016

Le Hung Trinh¹, M.K. Tarasov²

**EVALUATION OF SUSPENDED MATTER CONCENTRATIONS
IN SURFACE WATER OF THE TRIAN WATER RESERVOIR
(VIET NAM) USING THE REMOTE SENSING DATA**

Monitoring of suspended matter is an important task for water quality evaluation. Traditional methods are not always effective for solving the problems at the global level. The development of aerospace techniques widens the application of space images for the assessment of suspended matter concentrations. The paper deals with the problem of how the Landsat 7 multi-spectral imagery could be used for the monitoring of suspended particles in the surface water of the Tri An water reservoir (Vietnam). The results of the study could be used for the mapping of the distribution of suspended matter and the evaluation of water quality.

Keywords: remote sensing, water quality monitoring, suspended matter, reflectance, LANDSAT, multi-spectral images.

Acknowledgements. The authors are deeply grateful to Irina Alekseevna Labutina for her assistance in preparing the paper.

REFERENCES

- Avakjan A. B., Saltankin V. P., Sharapov V.A.* Vodohranilishha [Water reservoirs], Moscow, Mysl', 1987, 325 p. (in Russian).
- Alekseevskij N.I.* Formirovanie i dvizhenie rechnyh nanosov [The formation and transport of river sediments], Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 1998, 202 p. (in Russian).
- Alesheikh A.A., Ghorbanali A., Nouri A.* Coastline change detection using remote sensing // *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 2007. Vol. 4, N 1. P. 61–66.
- Cesare G.D., Schleiss A., Hermann F.* Impact of turbidity currents on reservoir sedimentation // *J. Hydraulic Engineering.* 2001. Vol. 127, N 1. P. 6–16.
- Chavez P.S.* Image-based atmospheric corrections – revisited and improved // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 1996. Vol. 62(9). P. 1025–1036.
- Cox Jr R.M., Forsythe R.D., Vaughan G.E., Olmsted L.L.* Assessing water quality in Catawba River reservoirs using Landsat thematic mapper satellite data // *Lake and Reservoir Management.* 1998. Vol. 14, N 4. P. 405–416.
- Dongnai Department of Natural resources and Environment. URL: <http://tntmdongnai.gov.vn/> (дата обращения: 25.12.2015).
- Doxaran D., Froidefond J., Lavender S., Castaing P.* Spectral signature of highly turbid waters application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations // *Remote Sensing of Environment.* 2007. Vol. 81. P. 149–161.
- Dung D.D., Anh N.N., Ha D.T.* Evaluation of changes of water resources in the Dong Nai river basin and its surrounding basins // *J. Water Resources and Environmental Engineering.* 2014. Vol. 47. P. 19–26.
- LANDSAT-7 science data users handbook (NASA). URL: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения: 16.10.2014).
- Moran M.S., Jackson R.D., Slater P.N., Teillet P.M.* Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output // *Remote Sensing of Environment.* 1992. Vol. 41, Iss. 2–3. P. 169–184.
- National Environmental Report 2012, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam. URL: <http://vea.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).
- National technical regulations on surface water quality QCVN 08:2008/BTNMT. URL: <http://monre.gov.vn> (дата обращения: 16.10.2014).
- Nikanorov A.M.* Nauchnye osnovy monitoringa kachestva vod [Scientific basis for water quality monitoring]. SPb., gidrometeoizdat, 2005, 576 p. (in Russian).
- Rodriguez-Guzman V., Gilbes-Santaella F.* Using MODIS 250 m Imagery to Estimate Total suspended sediment in a Tropical open bay // *Intern. J. Systems Applications, Engineering & Development.* 2009. Vol. 3, Iss. 1. P. 36–44.
- Savkin V.M.* Vodohranilishha Sibiri, vodno-jekologicheskie i vodno-hozjajstvennye posledstvija ih sozdanija [Siberian reservoirs, hydro-ecological and economic effects of their creation], *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, 2000. Vol. 2, pp. 109–121 (in Russian).
- Wang Y., Xia H., Fu J., Sheng G.* Water quality change in reservoirs of Shenzhen, China: detection using LANDSAT/TM data // *Sci. Total Environment.* 2004. Vol. 328. N 1. P. 195–206.
- Wetlands with high biodiversity and environmental value in Viet Nam. Hanoi: Ministry of Natural Resources and Environment 2001.
- Yarger H.L., McCauley J.R., James G.W.* et al. Water turbidity detection using ERTS-1 imagery // *NASA. Goddard Space Flight Center Symp. on Significant Results obtained from the ERTS-1.* 1973. Vol. 1, Sect. A and B. P. 651–658.

Received 14.05.2015

Accepted 25.01.2016

¹ Le Quy Don University of Science and Technology, Department of Geodesy and Cartography, PhD; *e-mail:* trinhlehung125@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, post-graduate student; *e-mail:* mixail.tarasov@gmail.com