

## Опыт оценки экологических характеристик акваторий морских портов по данным видеоспектральной аэросъемки

О.В. Григорьева<sup>1</sup>, Б.В. Шилин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского,  
197082 Санкт-Петербург, Ждановская ул., 13  
E-mails: alenka12003@mail.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
Центр экологической безопасности РАН,  
197110, Санкт-Петербург, Корпусная ул., 18  
E-mail: bshilin@rambler.ru

В статье рассмотрен один из вариантов решения задачи экологического дистанционного мониторинга акватории в районе интенсивного воздействия объектов инфраструктуры морского порта. Приведен пример оценки степени приповерхностного загрязнения вод органическими и минеральными взвешенными веществами, пленками нефтепродуктов с использованием авиационных гиперспектральных средств видимого и ближнего инфракрасного диапазонов. Особое внимание удалено разделению участков загрязнения между собой и с фоновыми условно чистыми водными поверхностями по особенностям спектрально-энергетических характеристик. Дается обоснование алгоритма автоматизированной идентификации участков загрязнения, реализованного в специальном программном обеспечении тематической обработки видеоспектральных данных. Приведены результаты подобной обработки на материалах экспериментальных аэросъемок видеоспектрометрами «Фрегат» и «Лептон» на акваториях Финского залива и Черного моря.

**Ключевые слова:** видеоспектральные данные, монохромные изображения, коэффициент спектральной яркости, акватория, минеральные крупнодисперсные взвешенные вещества, пленка нефтепродуктов, льяльные воды.

### Введение

Одним из главных преимуществ авиационной видеоспектральной аппаратуры является высокое спектральное и геометрическое разрешение, что позволяет классифицировать объекты по физико-химическим свойствам и выбирать участки спектра, имеющие наибольшее индикационное значение в решении конкретной экологической задачи. Эти преимущества видеоспектральной аэросъемки при измерениях концентрации хлорофилла и взвешенных веществ по сравнению с многоспектральной съемкой наглядно показаны в многочисленных экспериментальных исследованиях за рубежом (Van Der Meer, 2006), где используется широкий перечень видоспектрометров различного назначения. К сожалению, в отечественных исследованиях наблюдаются значительные отставания. Попыткой частично преодолеть отставания являются наши исследования.

Для акваторий морей экологическая ситуация определяется содержанием нефтепродуктов в виде нефтяных сликсов, минеральных крупнодисперсные взвесей и биогенных органических примесей, связанных как с процессом фотосинтеза в фитопланктоне, так и с антропогенно-спровоцированным (например, за счет соединения фосфора и азота) повышением биологической продуктивности водорослей (эфтрофированием).

Естественно, что содержание всех этих элементов имеет прямую или обратную пространственную корреляцию с объемом взвеси и может быть оценено и зафиксировано картографическими методами по всей акватории водоема.

Были выполнены комплексные исследования в юго-восточной части Чёрного моря и восточной части акватории Финского залива видеоспектрометрами «Фрегат» и «Лептон» и тестовым судовым измерениям.

Исследования возможностей видеоспектральных (гиперспектральных) средств при анализе водной среды припортовой зоны Черного моря в г. Новороссийск были раскрыты

авторами в статье журнала «Региональная экология» (Григорьева и др., 2010). На тот момент анализ результатов аэросъемки проводилась с использованием общезвестного программного комплекса аэрокосмической обработки изображений ENVI. Однако обработка занимала достаточно много времени, разрабатываемый алгоритм приходилось адаптировать под методы классификации ENVI, в которых отсутствовала возможность корректировки исходных параметров и реализации дополнительных методов обнаружения, что требовало высокой квалификации оператора.

В настоящей статье приведены результаты доработки и реализации алгоритма выявления и количественной оценки объемов механических взвесей и фитопланктона в специальном программном обеспечении (СПО), позволяющем обрабатывать данные от современных отечественных средств видеоспектрометрии по заранее заданному алгоритму, решающему конкретную тематическую задачу.

### **Характеристика используемых технических средств и методика исследований**

При выполнении исследований загрязнения акваторий использовались следующие бортовые авиационные средства регистрации:

- видеоспектрометры НПО «Лептон» и эксплуатируемый в ВКА имени А.Ф. Можайского «Фрегат» (Марков А.В., Шилин Б.В., 2009) в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра;
- цифровая цветная фотокамера Nikon D2X с широкоугольным объективом 20 mm f/2.8, необходимая для визуального дешифрирования с целью уточнения результатов видеоспектральной аэросъемки и точных (фотограмметрических) расчетов геометрических характеристик участков загрязнения в ГИС.

Основные характеристики видеоспектральной аппаратуры приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики отечественных видеоспектрометров, используемых в исследованиях

Параметр	Тип видеоспектрометра	
	«Фрегат»	«Лептон»
Спектральный диапазон, нм	490...960	400...1000
Спектральное разрешение, нм	3,6 при биннинге 2:8	переменное по спектру от 0,3 до 13
Число спектральных каналов	128 при биннинге 2:8	156
Угол поля зрения, град	27	10
Мгновенный угол поля зрения, мрад	1 при биннинге 2:8	0,35
W/H, 1/c	0,025	0,05
Высота $H_{0,6}$ , с которой обеспечивается разрешение 0,6 м, м	600	1714
Максимальная скорость полета для «беспропускного» режима на $H_{0,6}$ , м/с	15	105
Полоса захвата с $H_{0,6}$ , м	417	300
Калибровка	возможна	есть

Видеоспектральная и цифровая цветная аэросъемки проводились с высоты 1500 м, что обеспечило получение данных с линейным разрешением на местности соответственно 0,5 м и 1 м, что достаточно для оконтуривания участков загрязнения площадью не менее 50 м<sup>2</sup>.

Методика тематической обработки данных аэросъемки состояла из следующих этапов:

- На первом этапе проводилась непосредственная идентификация участков антропогенного воздействия объектов инфраструктуры порта на акваторию и прилегающую территорию.

Основными параметрами, по которым регистрируются загрязнения водной поверхности, являются закономерности изменения спектрально-яркостных свойств воды за счет попадания или сброса в акваторию сточных или льяльных вод с очистных сооружений, промышленных объектов и судов, а также при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. Последние изменяют цветность, мутность и прозрачность воды, тем самым увеличивают (или уменьшают) долю поглощенного и отраженного водной поверхностью солнечного излучения в различных диапазонах электромагнитного спектра.

- На втором этапе по показателям выявленных нарушений природопользования и загрязнения акватории оценивается степень антропогенного воздействия объектов порта на экологическое благополучие района и состояние акватории Финского залива. При этом учитывается вклад в загрязнение фоновых источников негативного воздействия, таких как вынос в залив вод рек и каналов, протекающих в пределах городской территории и не имеющей отношения к порту.

Оценка экологической обстановки основана на определении ориентировочной уровня концентрации взвешенных веществ, трофического статуса водоема и интенсивности загрязнения пленками нефтепродуктов и льяльными водами с судов, на сравнении выявленных показателей с предельно-допустимыми нормативами и расчете эколого-экономического ущерба от выявленных воздействий.

- На третьем этапе результаты дешифрирования и оценки оформляются в виде серии оперативных тематических карт и становятся информационной базой геоинформационной системы ArcGis Desktop 9.3.1 для разработки рекомендаций по устранению возможных и выявленных нарушений.

### **Алгоритм идентификации поверхностного и внутримассового загрязнений водных объектов нефтяными пленками и минеральными взвесями**

Для решения задачи идентификации загрязнений водных объектов по видеоспектральным данным был разработан специальный алгоритм интерпретации, применение которого позволяет в автоматизированном режиме:

- выделять на RGB-снимке, синтезированном из монохромных видеоспектральных изображений, границы водной поверхности;
- идентифицировать и разделять между собой мощные пятна нефтепродуктов на водной поверхности с толщиной пленки более 0,2 мм и нефтяные слики;
- идентифицировать загрязнения водных объектов взвешенными веществами минерального происхождения с концентрациями от 20 до 300 мг/л (для взвесей с концентрациями выше 300 мг/л достоверная классификация состава загрязнения не гарантирована), в том числе выделять участки, загрязненные взвесями от мелководья.

Разработанный алгоритм также включает в себя биооптический метод обработки данных для определения степени эвтрофированности водоемов и выделения участков сине-зелёных водорослей.

Появление в приповерхностном слое воды оптически активных пленок и примесей приводит к изменению спектрального состава уходящего излучения водной толщи. Подобные изменения спектральных характеристик воды для каждой примеси, присутствующей в ней, фиксируются на разных участках длин волн, которые в свою очередь могут быть достаточно узкими (до 5...10 нм). Поэтому при идентификации неоднородностей водной поверхности по спектрально-яркостным характеристикам необходимо анализировать данные, регистрирующие излучения в диапазоне наблюдаемых изменений с достаточно высоким спектральным разрешением, что позволяют сделать материалы видеоспектральной аэросъемки.

Схема алгоритма приведена на рис. 1. Предварительно проводят радиометрическую калибровку данных видеоспектральной аэросъемки и калибровку в значения коэффициентов спектральной яркости (КСЯ).



Рис. 1. Схема алгоритма идентификации поверхностного и внутримассового загрязнений водных объектов нефтяными пленками и минеральными взвесями

На первом этапе обработки (блок 1 на рис. 1) выделяются области изображения, относящиеся к акватории исследуемого водного объекта. Данная операция осуществляется методом анализа яркостного контраста объекта со смежным фоном путем наращивания областей (метод «волшебной палочки» или метод «заполнения с затравкой»). В качестве порогового критерия наращивания (по которому принимается решение об отнесении пикселя к выделяемой области или исключения из нее), используется не код сигнала (цвет) пикселя, как это принято в стандартных пакетах обработки изображений, а максимально возможное значение КСЯ водной поверхности в интервале спектра 500...1000 нм. Участки береговой черты с низкой отражательной способностью, попавшие в выделенную область, будут отделяться на последующих этапах обработки.

На втором этапе (блок 2 на рис. 1) после выделения на снимке области, соответствующей водной поверхности, осуществляется ее кластеризация методом Isodata. Далее производится непосредственное распознавание кластеров с использованием эталонной информации о спектрально-яркостных характеристиках водных объектов в наиболее информативных участках видимого (ВК) и ближнего инфракрасного (БИК) диапазонов спектра.

При распознавании кластеров первоначально осуществляется обнаружение кластера мощных пятен нефтепродуктов (МНП) на водной поверхности с толщиной пленки более 0,2 мм по яркостному контрасту с условно чистым водным участком. Первоочередное выделение этих загрязнений обусловлено с тем, что они обладают наиболее специфической формой спектра яркости в видимом и ближнем ИК диапазоне. Значения КСЯ МНП в интервале 700...1000 нм в несколько раз превышают КСЯ других неоднородностей водной поверхности. Наиболее информативными спектральными интервалом здесь являются интервал 730...890 мкм.

Одновременно осуществляется обнаружение механического загрязнения вод крупнодисперсными взвешенными веществами минерального происхождения с концентрациями выше 300 мг/л по спектральным соотношениям их оптических характеристик и положению максимума спектрального коэффициента отражения, который для данного типа загрязнений приходится на интервал 590...710 нм (рис. 2).

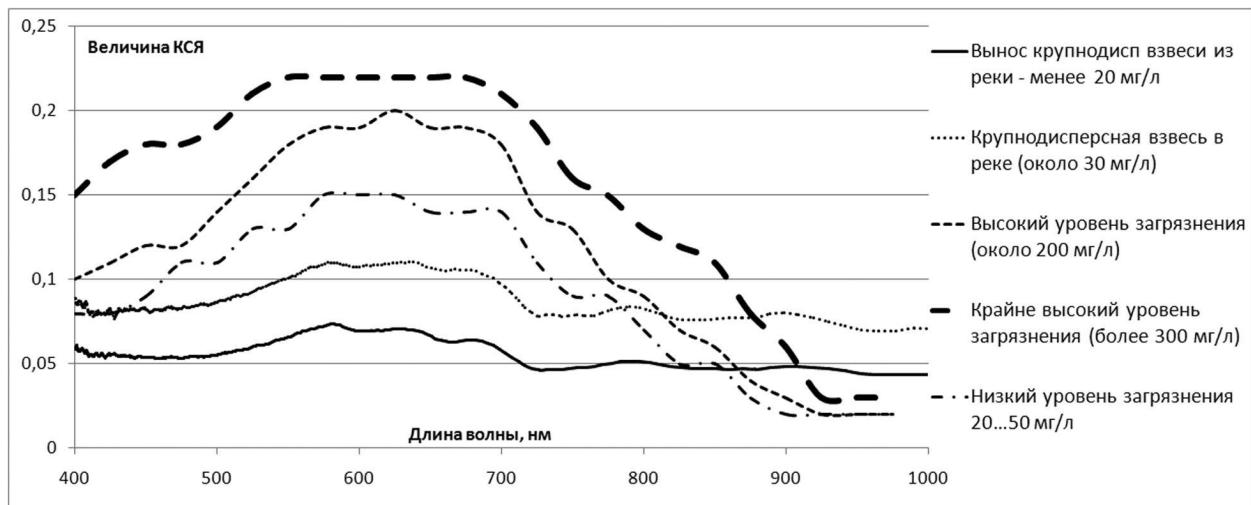


Рис. 2. Графики распределения КСЯ участков водной поверхности с разным уровнем концентрации крупнодисперсной взвеси

После идентификации мощных пятен нефтепродуктов и загрязнений взвешенными веществами с концентрациями выше 300 мг/л проводится удаление фрагментов, ошибочно отнесенных к водной поверхности (блок 3.3 на рис. 1), и классификация оставшихся невыделенными фрагментов видеоспектральных изображений (тонких нефтяных пленок (ТНП) и взвесей с более низкой концентрацией).

При классификации последних учитывался тот факт, что на спектрально-отражательную способность водных объектов помимо загрязнений существенное влияние оказывают количественное содержание в приповерхностном слое фитопланктона, наличие макрофитов в прибрежной зоне и отражение от дна на мелководьях.

С ростом концентрации зеленого фитопланктона в воде наблюдается смещение максимума спектра яркости восходящего излучения – характерно возрастание излучения от 520 до 600 нм, а активное поглощение – в диапазоне от 420...480 нм. Максимальное значение КСЯ для водоемов с большим количеством фитопланктона, обобщенным показателем которого является концентрация хлорофилла «а», приходится на зеленую часть спектра (рис. 3).

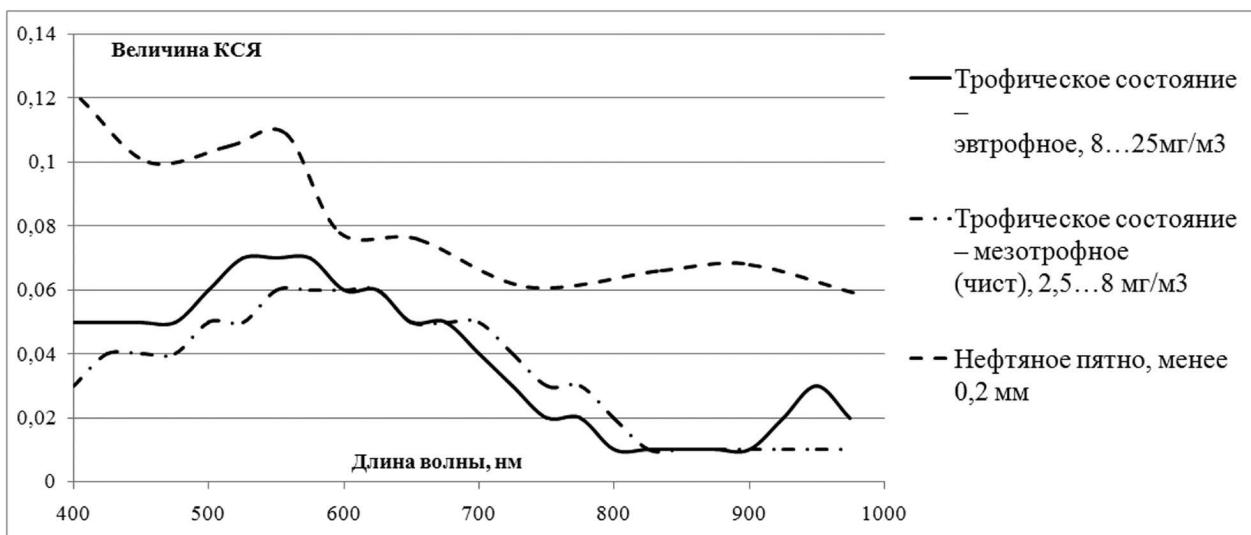


Рис. 3. Графики сравнения КСЯ участков загрязнения нефтяной пленкой и зон распространения хлорофилла «а»

Это позволяет использовать максимум кривой спектрального распределения яркости в качестве индикатора содержания хлорофилла в воде  $C_{\text{хл}}$ , мг/м<sup>3</sup>, и соответственно выделения пленок нефтепродуктов и минеральных взвесей на фоне хлорофилл содержащих примесей. Зависимость между содержанием хлорофилла «а» и максимальным значением яркости в зеленой зоне спектра определяется биоптическим алгоритмом (Григорьева и др., 2010), использующим значения КСЯ в узких спектральных каналах со средними длинами волн 510 и 555 нм. В разрабатываемом СПО заданы следующие зависящие от типа воды поправочные коэффициенты аппроксимации биооптического алгоритма, характерные для исследуемой части Финского залива:  $a_0 = 0,283$ ;  $a_1 = -2,753$ ;  $a_2 = 1,457$ ;  $a_3 = 0,659$ ;  $a_4 = -1,403$ .

Отличительной особенностью спектров яркости тонких нефтяных пленок от участков, содержащих высокие концентрации фитопланктона (см. рис. 3), является наличие двух максимумов в спектральных интервалах 400...405 и 550...580 нм, соотношение которых используется как признак наличия нефтяной пленки при стремлении его значения к единице:

$$0,9 \leq r_{400\ldots405} / r_{550\ldots580} \leq 1,1.$$

Для классификации зон загрязнения акватории взвешенными веществами по уровню содержания примесей используются следующие характерные для них отличительные особенности спектров яркости (см. рис. 2). Прозрачность чистой воды в сине-зеленом спектральном интервале 0,47...0,57 мкм достигает 20-30 м и более, а КСЯ при достаточной глубине водоема не превышает 0,04-0,05. При слабом и умеренном загрязнении с увеличением концентрации твердых частиц в воде свыше 5 г/м<sup>3</sup> КСЯ воды повышается, а максимум КСЯ сдвигается в длинноволновую часть спектра. Загрязненные воды с прозрачностью 1-3 м отличаются коричневатыми оттенками с максимумом КСЯ в диапазоне более 0,58 мкм. Наконец, очень мутные воды с концентрацией частиц свыше 200-300 г/м<sup>3</sup> отличаются высокими КСЯ (более 0,15-0,20) и положением максимума КСЯ в диапазоне 0,55...0,70 мкм.

Выборочные исследования, проводимые на акватории, показали наличие корреляционной зависимости между яркостью излучения моря в видимом и ближнем ИК диапазонах и вариацией содержания взвеси, что позволило перейти к численным показателям взвешенных частиц. Было выяснено, что наибольшее значение корреляции приходится на спектральный диапазон 590...710 нм (см. рис. 2). При этом для данного интервала была установлена регрессионная зависимость между концентрацией взвешенного вещества и средним значением КСЯ:

$$r_{\text{ср}\Delta\lambda} = 0,043 \times \ln(C_{\text{вв}}) - 0,044.$$

Однако в диапазоне 590...710 нм спектры зон внутримассового загрязнения крупнодисперсными взвесями практически не выделяются среди спектров яркости участков мелководья, для которых характерно отражение от дна (рис. 4). Для их селекции рекомендуется использовать БИК диапазон более 710 нм, в котором в отличие от взвесей и глубоководных участков для мелководья характерно увеличение КСЯ. К тому же, при зарастании мелководья гидрофитной растительностью появляется резкий максимум отражения в интервале спектра 710...800 нм (см. рис. 4) и наблюдаются высокие значения флуктуации яркости в спектральном интервале 640...680 и 770...830 нм, уверенно выделяемые на графиках распределения средне-квадратического отклонения коэффициентов яркости по сравнению с загрязненными льялами водами (рис. 5).

В итоге, формируется следующее признаковое пространство, использующее информацию о спектральном излучении практически во всем видимом и БИК диапазонах, в том числе в узких спектральных каналах, регистрируемых видеоспектрометром:

$$C_{\text{вв}}(590\ldots710 \text{ нм}) \text{ и } C_{\text{хл}}(510 \text{ и } 555 \text{ нм}); \\ I_{\text{Oil}} = r_{400\ldots405} / r_{550\ldots580};$$

КСЯ  $r_{max}$  на  $\lambda = 400$  и  $550$  нм, соответствующие ТНП;  
 КСЯ  $r_{max}$  на  $\lambda = 590\dots710$  нм, соответствующие взвесям;  
 КСЯ  $r$  на  $\lambda \geq 710$  нм, для исключения участков мелководья,  
 в котором осуществляется поиск и классификация загрязнений нефтяных пленок и  
 участков взвеси на фоне мелководья и зон интенсивного распространения фитопланктона.  
 В качестве критерия классификации используется Евклидова мера расстояния.

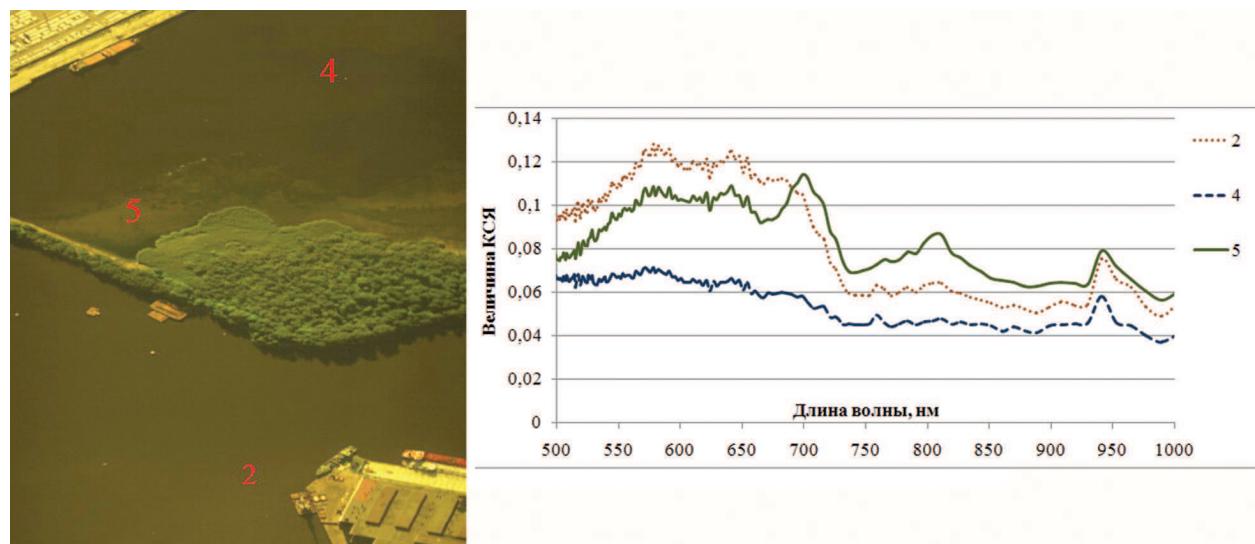


Рис. 4. RGB-синтез трех монохромных изображений и графики распределения КСЯ участков мелководья и зон загрязнения минеральной взвесью (4 – участок с концентрацией взвеси менее 20 мг/л; 2 – участок с концентрацией взвеси 20…40 мг/л; 5 – мелководье)

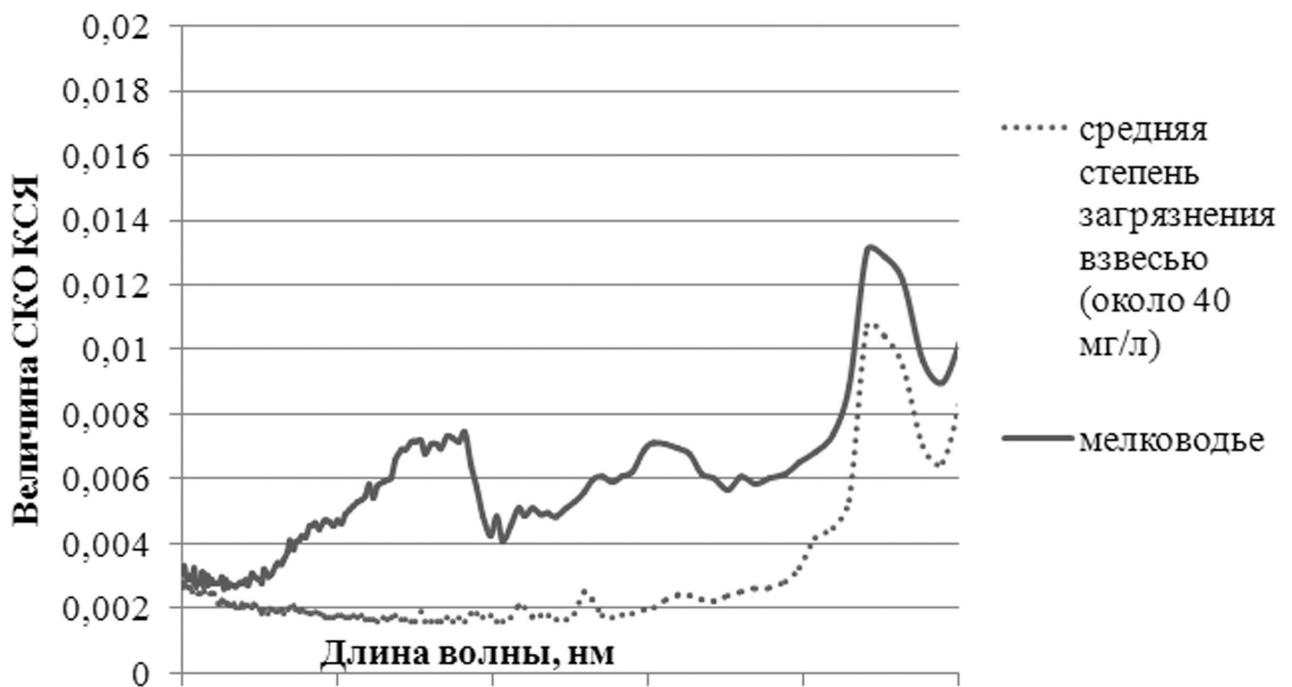


Рис. 5. Распределение средне-квадратического отклонения (СКО) КСЯ мелководья и участка взвесей, представленных на рис. 4

На заключительном этапе обработки строятся карты классификации акватории водного объекта по степени загрязнения нефтью и нефтепродуктами и уровню концентрации взвешенных веществ по площади акватории.

На рисунке 6 приведен пример отображение результатов идентификации загрязнений акватории Морского порта г. Санкт-Петербурга взвешенными минеральными примесями.

Таким образом, в результате применения алгоритма возможно определение:

- границ распространения участков с уровнем концентрации минеральных взвесей в приповерхностном слое воды;
- характеристик нефтяных разливов: площадь загрязнения, источник, интенсивность;
- уровня трофности акватории по содержанию хлорофилла «а».

### **Обобщение результатов экспериментальных авиационных работ над территорией порта и оценка степени негативного воздействия порта на окружающую среду**

Степень загрязнения водной поверхности определялась по ориентировочной концентрации взвешенных минеральных веществ, содержанию хлорофилла и наличию пленок нефтепродуктов:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i^{BB}}{C_{nok}} S_i^{BB} + \sum_{i=1}^n \frac{C_i^{ХЛ}}{C_{nok}} S_i^{ХЛ} + S_i^{НП}}{S_{об}}$$

где  $B$  – показателем оценки качества воды;

$C_i$  – ориентировочная концентрация загрязняющего вещества (ВВ – взвешенных минеральных веществ; ХЛ – концентрация хлорофилла «а»)  $i$ -го участка акватории гавани (или бассейна), мг/л;

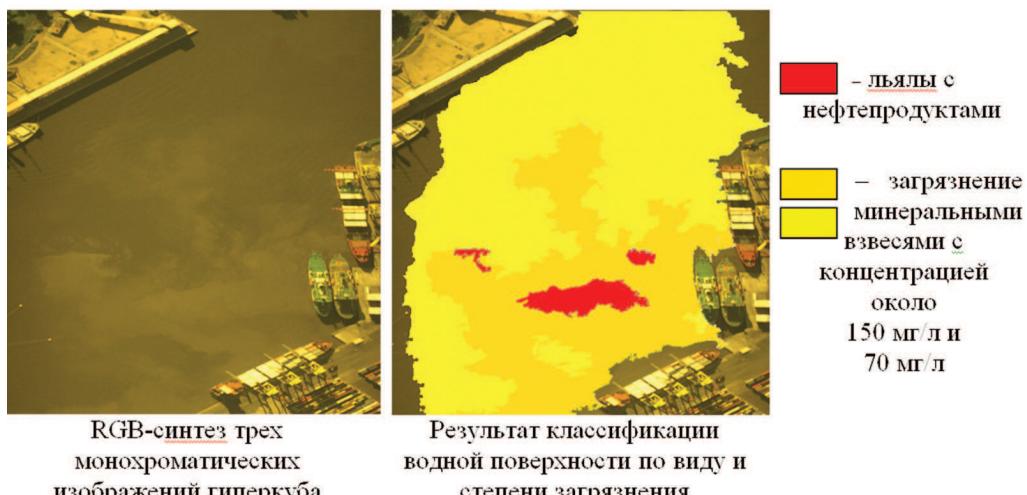
$C_{nok}$  – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, для грубоисперсных взвешенных веществ была принята 20 мг/л, для хлорофилла «а» – более 10 мкг/л, свидетельствующая об эфтрофировании водоема;

$S_i$  – площадь  $i$ -го участка акватории гавани (или бассейна) с концентрацией взвешенных веществ или хлорофилла «а»  $C_i$ , м<sup>2</sup>;

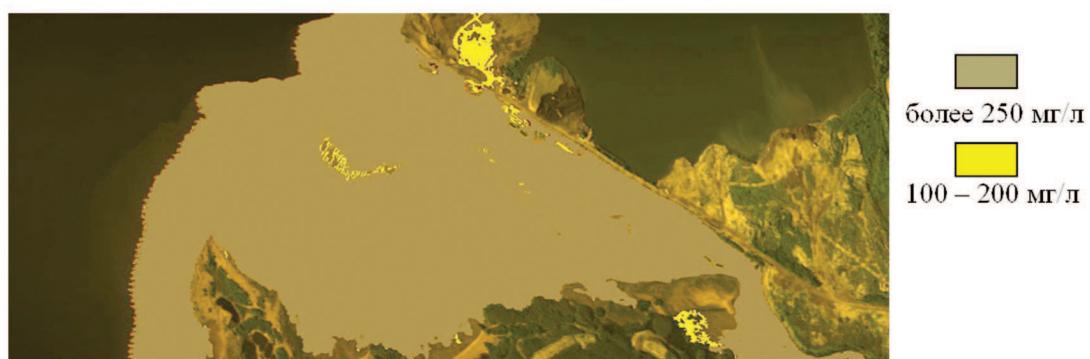
$S_i^{НП}$  – площадь  $i$ -го участка акватории гавани (или бассейна), покрытого пленкой нефтепродуктов, м<sup>2</sup>.

При  $B \leq 0,2$  воду для акватории можно считать как очень чистую относительно грубоисперсных взвесей, нефтяных пленок и биогенных веществ (при условии если два последних не были обнаружены), при  $0,2 < B \leq 1,0$  – как чистую, при  $1,0 < B \leq 2,0$  – как умеренно загрязненную, при  $2,0 < B \leq 4,0$  – как загрязненную, при  $4,0 < B \leq 6,0$  – как грязную, при  $6,0 < B \leq 10,0$  – как очень грязную, при  $B \geq 10,0$  – как чрезвычайно грязную.

Для района Морского порта г. Санкт-Петербург оценка акватории проводилась по бассейнам и гаваням. В пределах каждой из них с использованием описанного алгоритма регистрировалась и оценивалась степень загрязнения минеральными и органическими примесями. В результате автоматизированной классификации акватории концентрация взвешенных веществ показано, что в отдельных местах порта (например, Угольной гавани) концентрация может достигать 300 мг/л (см. рис. 6).



*Рис. 6. Результаты идентификация поверхностного и внутримассового загрязнений водных объектов нефтяными пленками и минеральными взвесями в Угольной гавани*



*Рис. 7. Результат идентификации загрязнения водной поверхности взвешенными веществами в районе устья р. Красненькая по видеоспектральным данным*

Анализ аэрофотоснимков, предназначенных для сопровождения видеоспектральной съемки, показал, что основной причиной подобных загрязнений является периодический сброс льяльных вод с транспортных судов, поскольку для них характерно высокое содержание крупнодисперсных соединений, на поверхности которых адсорбируются нефтепродукты, образующиеся в результате конденсата, охлаждения двигателей и агрегатов, мойки трюмов. Только за 30 минут авиационной съемки в акватории Морского порта было зарегистрировано пять случаев сброса.

Результаты оценки экологического состояния акватории по районам систематизированы в таблице 2.

Результаты обработки данных авиационных наблюдений и оценки экологической обстановки в акватории порта подтверждены по материалам проверок, проводимых органами контроля ([portnews.ru](http://portnews.ru)) и отмечающих увеличение концентрации углеводородов в поверхностном слое и придонной воде по сравнению с пробами прошлого года, загрязнение поверхности акватории льяльными водами и высокую концентрацию взвесей.

В заключении необходимо отметить, что вклад объектов инфраструктуры Морского порта в ухудшение экологического состояния акватории не является единственным. На участках акватории Невской губы, не входящих в границы Морского порта, были обнаружены такие посторонние источники загрязнения, как вынос загрязненных вод из реки Красненькая, обусловленный наличием на побережье большого количества промышленных предприятий и заводских территорий, имеющих выпуски сточных вод в реку (рис. 7).

Таблица 2. Результаты оценки степени загрязнения акватории Морского порта г. Санкт-Петербург по материалам аэросъемки

Наименование района акватории	Максимальный диапазон концентраций грубодисп. взвешенных веществ, мг/л	Степень загрязнения грубодисп. взвешенными веществами, в долях ПДК	Количество зарегистрированных фактов сброса льялов за период съемки	Оценка степени загрязнения участков акватории, в баллах
Угольная гавань	200...250	10–12,5	2	11,4 чрезвычайно грязная
Угольная гавань	200...250	10–12,5	2	чрезвычайно грязная
Лесная гавань	60...150	3–7,5	-	6,5 очень грязная
Большая турухтанская гавань	100...200	5–10	-	10,5 чрезвычайно грязная
Новая гавань	30...60	1,5–3	1	1,7 умеренно загрязненная
Морской канал	до 80 за счет рассеивания	4	1	2,2 загрязненная
Барочный бассейн	80...90	4–4,5	-	4,6 грязная
Большой бассейн	170...200	8,5–10	-	7 очень грязная
Восточный бассейн	50...80	2,5–4	, 1	3,4 загрязненная
Гутуевский ковш	40...70	2–3,5	-	2,6 загрязненная
Екатерининский бассейн	40...80	2–4	-	3 загрязненная

## Выводы

Проведенные исследования показали, что в настоящее время видеоспектральная аэросъемка может быть эффективно использована для предупреждения нарушений со стороны участников водопользования и усиления наблюдений за состоянием акватории и территории портов. При этом учет таких особенностей спектральных свойств чистой и загрязненной водной поверхности позволил решать задачи не только обнаружения нефтепродуктов и взвесей, но и получать количественные оценки степени загрязнения (толщины пленки и концентрации взвесей).

В этом случае на основе результатов дистанционного экологического мониторинга акватории портов могут проводиться мероприятия по предупреждению распространения и выноса загрязнений за пределы порта, а также с высокой эффективностью и затратами существенно меньшими, чем в чрезвычайном режиме, планировать очистку загрязненной поверхности и ликвидировать аварийные разливы нефти и нефтепродуктов.

## Литература

1. Григорьева О.В., Шилин Б.В. Оценка экологических характеристик акваторий по данным видеоспектральной аэросъемки // Региональная экология, №3(29). – 2010 г., С. 118–121.
2. Марков А.В. Шилин Б.В. Проблемы развития видеоспектральной аэросъемки // Оptический журнал, 2009. Т.76, №2, С. 20–27.
3. Ed.F.D. Van Der Meer and S.M. De Jong. Springer. Imaging Spectrometry. 2006. 403. P.

# **Experience in assessment of the environmental indicators of waters ports of hyperspectral images**

**O.V. Grigoreva<sup>1</sup>, B.V. Shilin<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Mozhaisky Military Space Academy*

*E-mail: alenka12003@mail.ru*

*<sup>2</sup> St. Petersburg Scientific Research*

*Center for Ecological Safety RAS,*

*E-mail: bshilin@rambler.ru*

The article considers solution of the problem environmental remote monitoring of the waters in the area of intensive exposure the infrastructure of the seaport. Here is an example of assessing the degree of water pollution by organic and mineral suspended solids, oil films using air hyperspectral tools in the visible and near infrared bands. The classification of areas of contamination and separation with a background of eco-friendly water on the specifics of the spectral-energy characteristics especially considered. Algorithm for the automated identification of areas of contamination that is realized in a special program, which is processed videospectral data is justified. Shows the results of processing on the example of the experimental videospektrometrov "Fregat" and "Lepton" on the waters of the Gulf regions and the Black Sea.

**Keywords:** videospectral data, water area, mineral suspended solids, film of petroleum products, coefficient of spectral brightness of the object.