МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

Р 52.24.844–2016

ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДИСТАНЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРА

Ростов-на-Дону
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН федеральным государственным бюджетным учреждением «Гидрохимический институт» (ФГБУ «ГХИ») Росгидромета

2 РАЗРАБОТЧИКИ Б.Л. Сухоруков, д-р физ.-мат. наук (руководитель разработки), Г.Е. Ковалёва (ответственный исполнитель), И.В. Новиков, канд. физ.- мат. наук, Ю.В. Ковалёва

3 СОГЛАСОВАНЫ:
с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун») 11.03.2016; с Управлением мониторинга загрязнения окружающей среды, полярных и морских работ (УМЗА) Росгидромета 08.04.2016

4 УТВЕРЖДЕНЫ Заместителем Руководителя Росгидромета 11.04.2016

ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ приказом Росгидромета от 28.04.2016 № 199

6 ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ ЦР ФГБУ «НПО «Тайфун» от 19.04.2016 за номером Р 52.24.844–2016

6 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

7 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ 2021 год

© Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2016

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 4
5 Принципы оценки трофического статуса водных объектов 4
6 Общие требования к выполнению работ 8
7 Оценка трофического статуса водного объекта 8
Приложение А (рекомендуемое) Примеры оценки трофического статуса по спектрометрической информации с использованием СКСЯ, зарегистрированных на водных объектах 10
Приложение Б (справочное) Сравнение трофического статуса ВО, определенного по СКСЯ, и концентрации хлорофилла а фитопланктона 12
Библиография 13

Введение

В соответствии с «Положением о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды», утвержденным постановлением Правительства № 477 от 6 июня 2013 г. [1], оценка состояния водных объектов, в том числе определение их трофического статуса, входит в число задач Росгидромета.

В рекомендациях изложен новый метод оценки трофического статуса водных объектов, выгодно отличающийся от известных методов (по содержанию биогенных элементов, количественным показателям развития фитопланктона, а также анализу содержания хлорофилла ***a*** в воде и т.д.). Он позволяет получать экспресс-информацию благодаря дистанционным оптическим измерениям спектров яркости с помощью серийно выпускаемого портативного спектрометра S41.

Спектры яркости восходящего от воды излучения (или спектры коэффициентов яркости восходящего от воды излучения) [2] несут информацию о состоянии водного объекта, в том числе о процессах, происходящих в водных экосистемах.

Рекомендации разработаны по результатам исследований, проведенных в период 2007- 2013 годах, на высокопродуктивных водных объектах юга России, имеющих различный гидрологический режим: р. Дон, включая протоки в устье, Цимлянском водохранилище.

В основу метода определения трофического статуса водного объекта положен предложенный в работах [3], [4] подход к интерпретации спектрометрической информации, использующий в качестве основы форму спектров коэффициента яркости восходящего от воды излучения.

Настоящие рекомендации разработаны с целью усовершенствования нормативно-методического обеспечения мониторинга водных объектов.

Рекомендации расширяют перечень показателей используемых на сети наблюдений Росгидромета для оценки состояния и трофического статуса водного объекта, увеличивая объективность и оперативность выполняемых оценок.

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДИСТАНЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРА

Дата введения – 2016–07–04
Срок действия – до 2021–07–05

1 Область применения

Настоящие рекомендации устанавливают принципы оценки трофического статуса водных объектов, в том числе их отдельных участков, по дистанционной спектрометрической информации видимого диапазона электромагнитного спектра.

Настоящие рекомендации предназначены для подразделений Росгидромета, осуществляющих в рамках оперативного мониторинга оценку экологического состояния, в том числе трофности водного объекта, а также для использования специалистами других ведомств, занимающихся вопросами оценки состояния и загрязнения водных экосистем.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 17.1.4.02-90 Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*

РД 52.24.729-2010 Дистанционная спектрометрическая съемка водных объектов в видимом диапазоне волн с мостовых переходов

Примечания

1 При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверять действие ссылочных нормативных документов:

- национальных стандартов - в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году;

- нормативных документов Росгидромета и типовых нормативных документов - по РД 52.18.5 и дополнений к нему - ежегодно издаваемым информационным указателям нормативных документов.

2 Если ссылочный нормативный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим руководящим документом следует руководствоваться замененным (измененным) нормативным документом. Если ссылочный нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

водный объект; ВО: Сосредоточение природных вод из поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима.

[ГОСТ 19179–73, статья 6]

3.2

водоём: Водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием.

[ГОСТ 19179-73, статья 18]

3.3

водоток: Водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.

[ГОСТ 19179-73, статья 15]

3.4 **зенитное расстояние Солнца:** Угол между направлением наблюдения в зенит и на Солнце (РД 52.24.729).

3.5 **каротиноиды:** Природные пигменты жёлтого, оранжевого или красного цвета, синтезируемые бактериями, грибами, зелёными растениями и фитопланктоном [5].

3.6 **коэффициент спектральной яркости ρ;** КСЯ: – Отношение спектральной плотности энергетической светимости восходящего от водного объекта излучения к спектральной плотности энергетической светимости идеально рассеивающей эталонной (Ламбертовской) поверхности. КСЯ на i-ой длине волны обозначен как ρ_i.

3.7 **пигменты фитопланктона:** Пигменты фитопланктона: хлорофилл ***a*** – основной, ***b, c, d*** и др., каротиноиды, фикобилины – вспомогательные [6].

3.8

проба воды: Определенный объем воды, отобранный для исследования ее состава и свойств.

[ГОСТ 30813-2002, статья 33]

3.9

река: Водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло.

[ГОСТ 19179–73, статья 21]

3.10 **спектр коэффициента спектральной яркости;** СКСЯ: Совокупность значений КСЯ в видимом диапазоне длин волн.

3.11

трофность водного объекта: Характеристика продукционных свойств водного объекта.

Примечание - В порядке увеличения продукционных свойств выделяют три типа водных объектов: олиго -, мезо - и эвтрофные.

[ГОСТ 30813-2002, статья 15]

3.12 **трофический статус водного объекта:** номенклатурная (диапазонная) количественная характеристика трофности этого объекта. Номенклатурная шкала трофности в порядке возрастания биологической продуктивности водного объекта содержит несколько уровней (категорий): олиготрофный (О), мезотрофный (М), эвтрофный (Э), гиперэвтрофный (ГЭ). Для более мелкой градации вводят понятие – олиготрофно-мезотрофный (ОМ), мезотрофно-эвтрофный (МЭ), эвтрофно-полиэвтрофный (ЭП) [7].

3.13 **фикобилины:** Красные и синие пигменты, содержащиеся у цианобактерий и некоторых водорослей. Фикобилины представлены пигментами: фикоцианином, фикоэритрином и аллофикоцианином [5].

3.14

фитопланктон: Часть планктона, представленная растениями.

[ГОСТ 30813-2002, статья 55]

3.15 **хлорофилл *а*:** Основной пигмент зеленых растений, в том числе фитопланктона, который играет важную роль в процессе фотосинтеза (ГОСТ 17.1.4.02-90).

3.16 **экосистема**: Единая, устойчивая, саморазвивающаяся, саморегулирующаяся совокупность естественных (биотических и абиотических) компонентов природной среды, которая в пределах определенного участка биосферы обеспечивает превышение внутренних закономерных процессов обмена веществ и энергии над процессами внешнего обмена. Выделяют три группы природных экосистем: наземные, пресноводные и морские [8], [9].

3.17 **эталон:** Небольшая пластинка, покрытая или спрессованная из вещества, ортотропно рассеивающего солнечное излучение, падающее на ВО (РД 52.24.729).

4 Общие положения

Оценка трофности любого ВО является серьезной проблемой, актуальность которой чрезвычайно важна при выборе стратегии охраны экосистемы этого водного объекта.

Оценка трофического статуса ВО основана на визуальном сравнении особенностей спектральной структуры СКСЯ.

Спектры яркости восходящего от воды излучения (далее – СВ) или СКСЯ несут информацию о состоянии водного объекта, в том числе о процессах, происходящих в водных экосистемах.

Группировка массива СКСЯ по особенностям их формы позволила ранжировать их по шести категориям, и соотнести с трофическим статусом. В результате дистанционных оптических измерений с помощью серийно выпускаемого портативного спектрометра S41 на ВО получают СКСЯ и по соотношению на разных длинах волн (в диапазоне электромагнитного спектра от 420 до 750 нм) определяют трофический статус ВО: от олиготрофных до гиперэвтрофных.

5 Принципы оценки трофического статуса водных объектов

5.1 Дистанционную съёмку СВ проводят с мостовых переходов (РД 52.24.729). Возможно проводить съемку также с иных платформ: специально оборудованных судов, самолетов, вертолетов или беспилотных летательных аппаратов при расстоянии объектива спектрометра от поверхности воды от одного до десятков метров.

5.2 В процессе съёмки создают массивы СКСЯ, полученные в результате деления СВ на спектр яркости эталона. Данные этих массивов используют для оценки трофического статуса ВО.

5.3 Полученные СКСЯ сопоставляют с КСЯ соответствующих категорий, представленных в 5.3.1 – 5.3.6.

5.3.1 Для СКСЯ категории I, представленного на рисунке 1, характерно следующее соотношение:

$$\rho_{570} > \rho_{630};\ \rho_{630} > \rho_{645};\ \rho_{645} > \rho_{675};\ \rho_{675} > \rho_{700};\ \rho_{700} > \rho_{740}.$$

На этом спектре нет выраженных спектраль0ных особенностей, хотя незначительные изгибы на длинноволновой стороне главного максимума указывают на то, что минимальное количество фитопланктона в экосистеме уже присутствует. Главный максимум расположен на длине волны около 570 нм. ВО относят к олиготрофному типу.

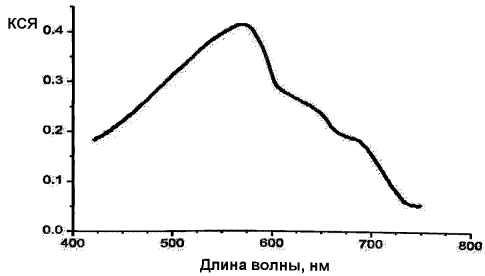

Рисунок 1- СКСЯ категории I

5.3.2 Для СКСЯ категории II, представленного на рисунке 2, характерно следующее соотношение:

$$\rho_{570} > \rho_{630};\ \rho_{630} > \rho_{645};\ \rho_{645} > \rho_{675};\ \rho_{675} = \rho_{700};\ \rho_{700} > \rho_{740}.$$

Спектральная особенность этой категории – на длинах волн 675 нм и 700 нм КСЯ равны. Такой ВО относят к олиготрофно-мезотрофному типу.

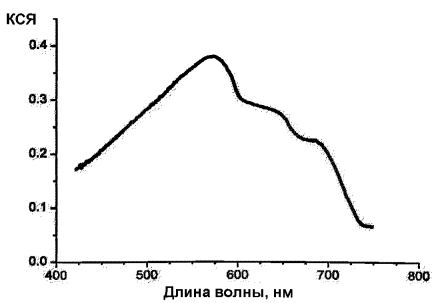

Рисунок 2 - СКСЯ категории II

5.3.3 Для СКСЯ категории III, представленных на рисунке 3, характерно следующее соотношение:

$$\rho_{570} > \rho_{630};\ \rho_{630} \approx \rho_{645};\ \rho_{645} > \rho_{675};\ \rho_{675} < \rho_{700};\ \rho_{700} > \rho_{740}.$$

В СКСЯ появляется «красный» максимум на длине волны около 690 нм, указывающий на наличие в водной экосистеме фитопланктона. Менее острый, чем у категории II, главный максимум вблизи 570 нм характерен для увеличения концентрации минеральных взвешенных веществ. В этой категории несколько спектральных особенностей: на длинах волн 630 и 645 нм КСЯ равны, а на длине волны 675 нм КСЯ меньше, чем на 700 нм. Эта категория соответствует мезотрофному типу ВО.

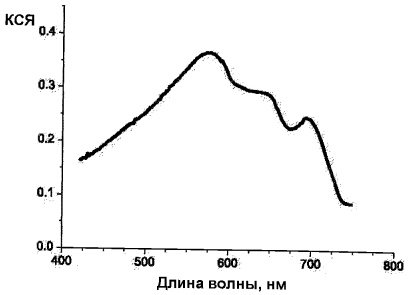

Рисунок 3 - СКСЯ категории III

5.3.4 Для СКСЯ категории IV, представленного на рисунке 4, характерно следующее соотношение:

$\rho_{560} > \rho_{620}$; $\rho_{620} < \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$; $\rho_{645} \approx \rho_{700}$.

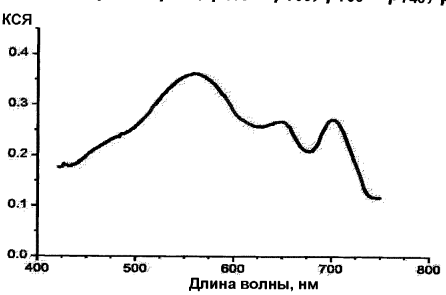

Рисунок 4 - СКСЯ категории IV

В СКСЯ начинают проявляться три особенности: «наплыв» на длине волны около 450 нм, который указывает на появление в экосистеме каротиноидов, ответственных за «защитные» от солнечной радиации свойства фитопланктона. Минимум на длине волны около 630 нм свидетельствует о появлении в составе фитопланктона синезеленых водорослей и, конкретно, о появлении в экосистеме фикоцианина с характерным максимумом поглощения на длине волны около 630 нм. Для СКСЯ категории IV типично равенство $\rho_{645} = \rho_{700}$. Это уже эвтрофный ВО, в котором начинается массовое развитие синезеленых.

5.3.5 Для КСЯ категории V, представленных на рисунке 5, характерно следующее соотношение:

$\rho_{560} > \rho_{630}$; $\rho_{630} < \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$; $\rho_{700} > \rho_{645}$.

КСЯ по форме похож на спектр категории IV, усиливаются лишь процессы, связанные с появлением каротиноидов и фикоцианина. При этом

главный максимум на длине волны 560 нм становится более резким и узким, что говорит об уменьшении количества минеральной взвеси. Красный максимум смещается с 700 до 705 нм. Эта категория соответствует эвтрофно-полиэвтрофному типу ВО.

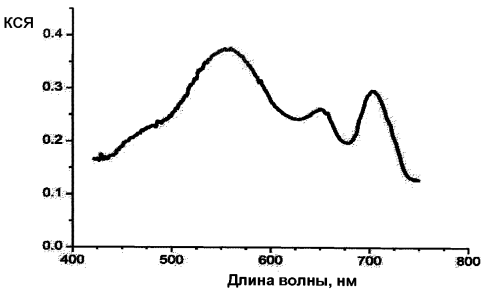

Рисунок 5 - СКСЯ категории V

5.3.6 Для СКСЯ категории VI, представленных на рисунке 6, характерно следующее соотношение:

$\rho_{560} > \rho_{630}$; $\rho_{630} < \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$; $\rho_{700} >> \rho_{645}$; $\rho_{675} < \rho_{740}$.

Спектральные особенности практически те же, что и у категории V. Следует отметить особенность, характерную для гиперэвтрофного ВО. При таких концентрациях фитопланктона происходит его естественное скопление на поверхности ВО, которая покрывается своеобразным ковром из его клеток. Поглощения восходящего излучения непосредственно водой практически не происходит. Часто регистрируют спектры, характерные для зеленого растительного покрова: камыша, крон деревьев и др. В описании спектров эти свойства проявляются в виде неравенств: КСЯ на длине волны 675 нм меньше, чем на 740 нм, или даже КСЯ на длине волны 700 нм меньше, чем на 740 нм.

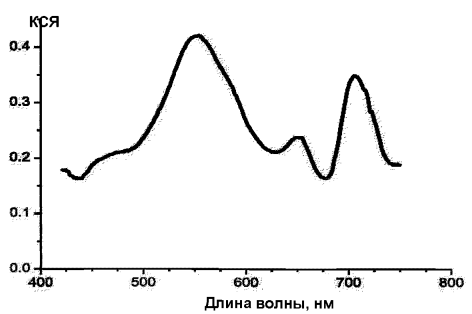

Рисунок 6 - СКСЯ категории VI

5.4 Критерии ранжирования СКСЯ по их спектральным особенностям и их соотнесение с трофическим статусом водного объекта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Категория СКСЯ	Трофический статус	Соотношение КСЯ на разных длинах волн
I	О	$\rho_{570} > \rho_{630}$; $\rho_{630} > \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} > \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$
II	ОМ	$\rho_{570} > \rho_{630}$; $\rho_{630} > \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} = \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$
III	М	$\rho_{570} > \rho_{630}$; $\rho_{630} \approx \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$
IV	Э	$\rho_{560} > \rho_{620}$; $\rho_{620} < \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$; $\rho_{645} \approx \rho_{700}$
V	ЭП	$\rho_{560} > \rho_{630}$; $\rho_{630} < \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$; $\rho_{700} > \rho_{645}$
VI	ГЭ	$\rho_{560} > \rho_{630}$; $\rho_{630} < \rho_{645}$; $\rho_{645} > \rho_{675}$; $\rho_{675} < \rho_{700}$; $\rho_{700} > \rho_{740}$; $\rho_{700} >> \rho_{645}$; $\rho_{675} < \rho_{740}$

6 Общие требования к выполнению работ

6.1 Спектрометрическую съёмку ВО проводят в соответствии с РД 52.24.729. Формируют массив СКСЯ с указанием ВО и места съёмки.

6.2 Съёмку ВО проводят в дневное время, определяемое зенитным расстоянием Солнца. Зенитное расстояние Солнца не должно превышать 45^0, при меньших углах возникают оптические помехи, при которых полученные СКСЯ нельзя рассматривать как достоверные. Для юга и средней полосы России в период с апреля по октябрь наиболее качественные результаты получают от 11 до 16 ч. московского времени в безоблачную погоду.

6.3 В зависимости от ширины реки съёмку проводят обязательно над серединой реки (на судоходных реках на фарватере), и на равноудаленных от середины реки до берега расстояниях.

6.4 Обработку информации выполняют для каждой точки спектрометрической съёмки. При необходимости выполнения оперативной оценки трофности участка ВО возможно сравнение формы СКСЯ, представленного на экране управляющего компьютера, с СКСЯ соответствующих категорий непосредственно во время работы на ВО.

Более точные оценки получают после окончания полевой фазы съёмки ВО.

7 Оценка трофического статуса водного объекта

7.1 Оценку трофического статуса водного объекта выполняют по форме СКСЯ.

7.2 Полученные в соответствии с РД 52.24.729 СКСЯ визуально сравнивают со средними СКСЯ категорий.

7.2.1 При визуальном сравнении основными критериями принадлежности СКСЯ к той или иной категории являются:

– наличие минимума в СКСЯ на длинах волн 630 и 675 нм;

– равенство КСЯ на длинах волн 675 и 700 нм;

– превышение КСЯ на длине волны 740 нм над этим показателем на длине волны 675 нм.

7.2.2 Минимум в СКСЯ на длине волны около 630 нм однозначно свидетельствует о присутствии в экосистеме ВО синезеленых водорослей.

7.3 В общей оценке учитывают наблюдаемые изменения в форме СКСЯ, соотношения максимумов и минимумов и относят СКСЯ к соответствующей категории, для определения трофического статуса (см. таблицу 1).

Приложение А
(рекомендуемое)

Примеры оценки трофического статуса по спектрометрической информации с использованием СКСЯ, зарегистрированных на водных объектах

А.1 На рисунках А.1 и А.2 представлены экспериментальные СКСЯ, зарегистрированные на различных ВО. Визуальную оценку трофического статуса ВО по форме СКСЯ проводят согласно 7.2.1.

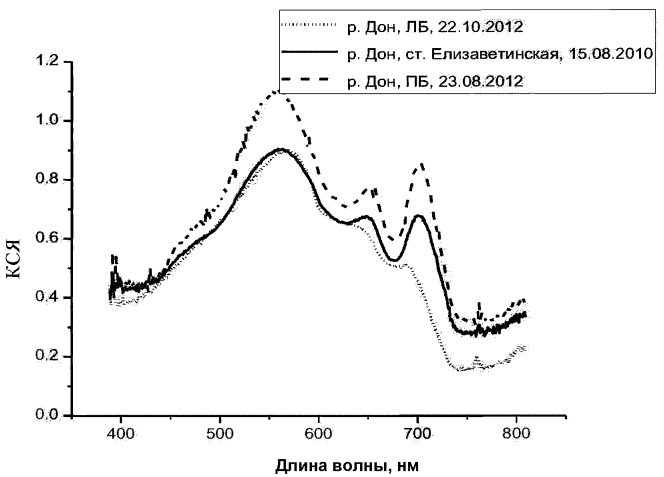

Рисунок А.1 – Экспериментальные СКСЯ различных экосистем ВО

А.2 На рисунке А.1 СКСЯ р. Дон у левого берега (ЛБ) получен 22.10.2012. Минимумы на длинах волн 630 и 675 нм – отсутствуют. КСЯ на длинах волн 675 и 700 нм равны. Следовательно, СКСЯ соответствует категории II –трофический статус ОМ.

Концентрация хлорофилла ***а*** фитопланктона, определенная по ГОСТ 17.1.4.02 составляет 8,1 мкг/дм^3.

А.3 На рисунке А.1 СКСЯ р. Дон в районе ст. Елизаветинская получен 15.08.2010. Минимумы на длинах волн 630 и 675 нм – присутствуют. КСЯ на 645 и 700 нм равны. Следовательно, КСЯ соответствует категории IV – трофический статус Э.

Концентрация хлорофилла ***а*** фитопланктона, определенная по ГОСТ 17.1.4.02 составляет 36,4 мкг/дм^3.

А.4 На рисунке А.1 СКСЯ р. Дон у правого берега (ПБ) получен 23.08.2012 . Минимумы на длинах волн 630 и 675 нм присутствуют. КСЯ на длине волны 645 нм меньше, чем на 700 нм. Следовательно, СКСЯ соответствует категории V – трофический статус ЭП.

Концентрация хлорофилла ***a*** фитопланктона, определенная по ГОСТ 17.1.4.02 составляет 43 мкг/дм^3.

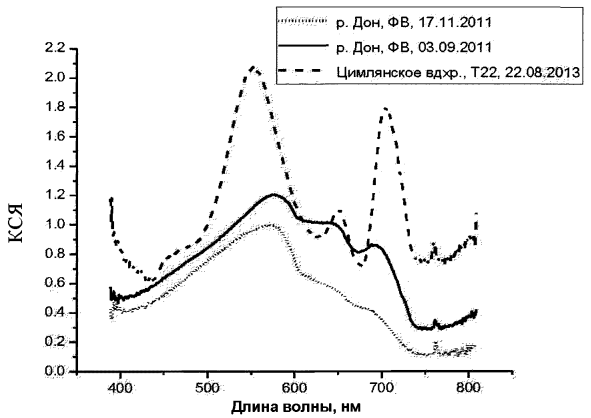

Рисунок А.2 – Экспериментальные СКСЯ различных экосистем ВО

А.5 На рисунке А.2 СКСЯ р. Дон над фарватером (далее – ФВ) получен 17.11.2011. Минимумы на длинах волн 630 и 675 нм отсутствуют. Следовательно, СКСЯ соответствует категории I – трофический статус О.

Концентрация хлорофилла ***a*** фитопланктона, определенная по ГОСТ 17.1.4.02 составляет 1,1 мкг/дм^3.

А.6 На рисунке А.2 СКСЯ р. Дон над ФВ получен 03.09.11. Минимума на длине волны 630 нм нет, а на 675 нм – минимум есть. КСЯ на 630 и 645 нм равны, а на 675 нм – меньше, чем на 700 нм. Появляется максимум на длине волны около 690 нм. Следовательно, СКСЯ соответствует категории III – трофический статус М.

Концентрация хлорофилла ***a*** фитопланктона, определенная по ГОСТ 17.1.4.02 составляет 17,9 мкг/дм^3.

А.7 На рисунке А.2 СКСЯ Цимлянского водохранилища, между ст. Калининской и ст. Жуковской, получен 22.08.13. Минимумы на длинах волн 630 и 675 нм присутствуют. КСЯ на длине волны 700 нм намного больше, чем на 645 нм. КСЯ на 675 нм меньше, чем на 740 нм. Следовательно, СКСЯ соответствует категории VI– трофический статус ГЭ.

Концентрация хлорофилла ***a*** фитопланктона, определенная по ГОСТ 17.1.4.02 составляет 74,9 мкг/дм^3.

Приложение Б
(справочное)

Сравнение трофического статуса ВО, определенного по СКСЯ, и концентрации хлорофилла *а* фитопланктона

Б.1 Корректность разделения СКСЯ по категориям проверяли по содержанию хлорофилла ***а*** в пробах воды [6], отобранных одновременно со спектрометрической съёмкой на ВО.

Б.2 Сравнение полученных усредненных значений концентраций хлорофилла ***а*** фитопланктона ($С_{уср}$) для определенной категории СКСЯ с концентрацией хлорофилла ***а*** по шкале трофности, приведенной в работе [9], показало хорошее соответствие между ними.

В таблице Б.1 представлено сопоставление, трофического статуса, предложенного в работе [7], и категорий СКСЯ с соответствующими концентрациями хлорофилла ***а*** фитопланктона.

Таблица Б.1

Трофический статус	Категория СКСЯ	Концентрация хлорофилла ***а*** фитопланктона, мкг/дм^3		
		Диапазон концентраций по данным [7]	Данные ГХИ	
			Диапазон концентраций, соответствующий категориям СКСЯ	$С_{уср}$
О	I	< 5	0,1 – 4	2,1
ОМ	II	5 – 10	3 –10	6,8
М	III	11 – 15	10 – 30	16,8
Э	IV	21– 40	15 – 57	40,0
ЭП	V	41 – 75	33 – 120	65,0
ГЭ	VI	76 – 150	35 – 295	100,0

Библиография

[1] Положение о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды (утв. постановлением Правительства РФ от 06.06.2013 № 477).

[2] Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия. - 1984. - 944 с.

[3] Garbuzov G.P., Sukhorukov B.L. Investigation of ecological state of water bodies according to the remotely sensing optical spectra // Proc. 1st Int. Airborne Remote Sensing Conf. and Exhibit. – Strasbourg, France. – 1994. – Vol. 3. – P. 37- 45.

[4] Сухоруков Б.Л., Гарбузов Г.П., Никаноров А.М. Оценка состояния водных объектов по спектрам коэффициентов яркости // Водные ресурсы. - № 5. - 2000. - С. 579-588.

[5] Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров, М.: Советская энциклопедия. – 1989. - 864 с.

[6] Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Под ред. В. А. Абакумова. - Л.: Гидрометеоиздат. - 1983. - 239 с.

[7] Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., и др. Комплексная экологическая классификация поверхностных вод суши. // Гидробиологический журнал. - 1993. - Т.29. - № 4. - С.62-76.

[8] Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир. - 1975. - 740 с.

[9] Никаноров А.М., Иваник В.М. Словарь – справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения). Ростов-на-Дону, ООО «Центр Печатных Технологий Арт Артель». - 2014. - 548 с.

Ключевые слова: дистанционная спектрометрия, спектры яркости, коэффициент спектральной яркости, водный объект, трофность, трофический статус, фитопланктон

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа	Подпись	Дата	
	измененного	измененного	нового	аннулированного			внесения изм.	введения изм.

gost.e-ecolog.ru