



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01N 33/18 (2021.02); G01N 21/51 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020140847, 10.12.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.12.2020

Дата регистрации:
22.06.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.12.2020

(45) Опубликовано: 22.06.2021 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61, ФГБОУ ВО
"Алтайский государственный университет",
ЦРТПТТУИС

(72) Автор(ы):

Суторихин Игорь Анатольевич (RU),
Фроленков Игорь Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Алтайский государственный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2513330 C1, 20.04.2014. RU
2695154 C1, 22.07.2019. RU 2724591 C1,
25.06.2020. RU 170726 U1, 04.05.2017. US 2020/
0340916 A, 29.10.2020. CN 108801979 A,
13.11.2018. CN 106053395 A, 26.10.2016.

(54) Способ определения уровней геоэкологического состояния пресноводного водоема с использованием оптического индекса геоэкологического состояния ОИГС

(57) Реферат:

Изобретение относится к сохранению водных экосистем пресноводных бассейнов для воспроизводства, развития и поддержания биологического разнообразия, а также обеспечения населения чистой водой и рекреационной пригодности. Способ определения уровня геоэкологического состояния пресноводного водоема заключается в том, что из отобранных на акватории проб воды на любых глубинах и в любые сезоны года при помощи батометра берут пробу воды объемом не менее 50 мл воды, помещают в кювету многоканального спектрофотометра и определяют спектральную прозрачность на длине световой волны 430 нм, затем по формуле Бугера-Ламберта-Бера рассчитывают спектральный

показатель ослабления света на длине волны 430 нм (m^{-1}); значение оптического индекса геоэкологического состояния ОИГС пресноводного водоема определяют как натуральный логарифм от полученного значения спектрального показателя ослабления. Уровень геоэкологического состояния пресноводного водоема (m^{-1}) определяют по численному значению ОИГС исходя из градации: 0-0,34 - низкий уровень 1 (НУ1), 0,35-0,69 - низкий уровень 2 (НУ2), 0,70-0,91 - умеренный уровень 1 (УУ1), 0,92-1,09 - умеренный уровень 2 (УУ2), 1,10-2,3 - средний уровень 1 (СУ1), 2,31-3,1 - средний уровень 2 (СУ2), 3,11 и более - высокий уровень (ВУ). 4 табл., 1 пр., 3 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01N 33/18 (2021.02); G01N 21/51 (2021.02)(21)(22) Application: **2020140847, 10.12.2020**(24) Effective date for property rights:
10.12.2020Registration date:
22.06.2021

Priority:

(22) Date of filing: **10.12.2020**(45) Date of publication: **22.06.2021** Bull. № 18

Mail address:

**656049, g. Barnaul, pr. Lenina, 61, FGBOU VO
"Altajskij gosudarstvennyj universitet",
TSRTPTTUIS**

(72) Inventor(s):

**Sutorikhin Igor Anatolevich (RU),
Frolenkov Igor Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj
universitet" (RU)**(54) **METHOD FOR DETERMINING THE LEVELS OF THE GEOECOLOGICAL STATE OF A FRESHWATER RESERVOIR USING THE OPTICAL GEOECOLOGICAL STATE INDEX**

(57) Abstract:

FIELD: ecosystem protection.

SUBSTANCE: invention relates to the conservation of aquatic ecosystems of freshwater basins for the reproduction, development and maintenance of biological diversity, as well as providing the population with clean water and recreational fitness. A method for determining the level of the geoecological state of a freshwater reservoir consists in taking a water sample with a volume of at least 50 ml of water from water samples with the bathometer, taken at any depth and in any season of the year, placing it in a cuvette of a multichannel spectrophotometer and determining the spectral transparency at a light wave length of 430 nm, then using the Bouguer-Lambert-Beer formula, calculating the spectral index of light attenuation at a

wavelength of 430 nm (m^{-1}); the value of the optical index of the geoecological state of a freshwater reservoir is determined as the natural logarithm of the obtained value of the spectral attenuation index. The level of the geoecological state of a freshwater reservoir (m^{-1}) is determined by the numerical value of the optical index of the geoecological state based on the gradation: 0-0.34 - low level 1 (LL1), 0.35-0.69 - low level 2 (LL2), 0.70-0.91 - moderate level 1 (ML1), 0.92-1.09 - moderate level 2 (ML2), 1.10-2.3 - average level 1 (AL1), 2.31-3.1 - average level 2 (AL2), 3.11 and more - high level (HL).

EFFECT: extension of the range of methods to control freshwater.

1 cl, 4 tbl, 1 ex, 3 dwg

Актуальной задачей современных гидрологических и гидробиологических исследований является сохранение водных экосистем пресноводных бассейнов для воспроизводства, развития и поддержания биологического разнообразия, а также обеспечения населения чистой водой и рекреационной пригодности. Одним из вариантов решения этих проблем, является оперативная оценка геоэкологического состояния водоемов и ранжирование с помощью геоиндикационных методов.

Геоэкологическое состояние водоемов в значительной мере определяется воздействием водосборной территории, которое в свою очередь подразделяется на естественное и антропогенное и проявляется в изменении гидрохимических, гидрофизических и гидробиологических параметров воды на различных глубинах. Естественные и антропогенные процессы на водосборной территории могут проявляться как совместно, так и отдельно на отдельных участках акватории водоемов и претерпевают значительные изменения в разные сезоны года. Для оценки изменения геоэкологического состояния водоема необходимы соответствующие индикаторы чувствительные к соответствующим водным параметрам.

В работах авторов [1, 2] геоэкологическое состояние водоемов определяется с позиции пространственно-временного динамического состояния трофического статуса.

В работе [1] приведены расчеты трофического статуса 164 пресноводных озер Китая, используя в качестве индикатора глубину видимости диска белого (SD) и индекс Карлсона (TSI), и распределив озера по категориям трофического состояния.

В [2] приведена геоэкологическая пространственно-временная оценка вод Таганрогского залива Азовского моря. Автором была построена статистическая модель для определения изменения показателя трофности и рассчитана внешняя антропогенная нагрузка на воды залива, экологически допустимые концентраций биогенов и экологического резерва вод акватории.

Также известно несколько основных способов оценки геоэкологического состояния водных объектов, характеризующихся качеством вод по гидробиологическим и гидрохимическим показателям, где изменения в экосистеме характеризуются с помощью функций распределения видов по обилию и расчетом различных индексов [3], таких как индекс Шеннона, Шелдона, Маргалафа и др. [4].

Общим недостатком ранее предложенных вариантов оценки геоэкологического состояния пресноводных водоемов является невозможность их оперативного применения из-за значительного времени на определение видового состава микроорганизмов, гидрохимического анализа воды.

Наиболее близким способом, для определения геоэкологического состояния вод с помощью стандартных гидрометеорологических измерений по средствам т.н. индекса загрязненности вод (ИЗВ), который рассчитывается по загрязняющим веществам, концентрация которых наибольшая [5]. Индекс загрязненности вод J рассчитывается по 6 показателям:

$$J = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где C_i - концентрация i загрязняющего вещества в воде и его предельно допустимая концентрация (ПДК) $_i$. Классификация вод по степени загрязненности, определяемой по ИЗВ приведена в табл. 1.

Таблица 1. Классы качества воды в зависимости от величин ИЗВ (для поверхностных вод суши)

Характеристика и класс качества вод	Величина ИЗВ
I — "очень чистая"	< 0,2
II — "чистая"	> 0,2–1
III — "умеренно загрязненная"	> 1–2
IV — "загрязненная"	> 2–4
V — "грязная"	> 4–6
VI — "очень грязная"	> 6–10
VII — "чрезвычайно грязная"	> 10

Недостатками данной методики является необходимость определения концентрации загрязняющих веществ и их ПДК, значительное время на определение концентраций загрязняющих веществ гидрохимическими методами.

С целью устранения указанных недостатков предлагается способ определения геоэкологического состояния пресноводных водоемов с использованием гидрооптических характеристик, а именно оптического индекса геоэкологического состояния (ОИГС).

Для этого из отобранных на акватории пробах воды на любых глубинах и в любые сезоны года при помощи батометра берут пробу воды объемом не менее 50 мл воды, помещают в кювету многоканального спектрофотометра и определяют спектральную прозрачность T на длине световой волны 430 нм как отношение интенсивности света I , прошедшей через кювету с исследуемой пробой воды к интенсивности света I_0 , прошедшей через кювету с дистиллированной водой, затем по формуле Бугера-Ламберта-Бера рассчитывают спектральный показатель ослабления света на длине волны 430 нм (m^{-1}) и определяют значение оптического индекса геоэкологического состояния (ОИГС) пресноводного водоема как натуральный логарифм от полученного значения спектрального показателя ослабления света, а уровни геоэкологического состояния пресноводного водоема определяют по численному значению ОИГС исходя из градации:

низкий уровень 1	от 0 до 0,34 m^{-1} ,
низкий уровень 2	от 0,34 до 0,69 m^{-1} ,
умеренный уровень 1	от 0,69 до 0,91 m^{-1} ,
умеренный уровень 2	от 0,91 до 1,09 m^{-1} ,
средний уровень 1	от 1,09 до 2,3 m^{-1} ,
средний уровень 2	от 2,3 до 3,1 m^{-1} ,
высокий уровень	от 3,1 m^{-1} и более

Под геоэкологическим состоянием понимается состояние водоема обусловленное, как влиянием водосборной территории (поступление на акваторию различных взвешенных и растворенных веществ, микроэлементов и гидробиологических организмов) за счет поверхностного смыва, впадающих рек и атмосферного переноса так и гидробиологическими процессами в самом водоеме (развитие или угнетение клеток фитопланктона и других микроорганизмов). Влияние водосборной территории подразделяют на естественное и антропогенное. В данном случае рассматривается совместное их влияние. Поскольку гидрооптические характеристики воды, а именно

спектральная прозрачность очень чувствительна к изменениям концентрации взвешенных и растворенных веществ, а также видовому составу гидробиологических сообществ, эта характеристика была выбрана в качестве информативной для оценки геоэкологического состояния водоема.

Последовательность действий в способе заключается в следующем. С использованием батометра (например батометра Рутнера) с плавсредства лодки или катера с поверхности или на заданной глубине отбирается объем водной пробы порядка 1 л. Далее из отобранной пробы берут 50 мл воды и помещают в кювету двухканального спектрофотометра (например СФ-46) и измеряют спектральную прозрачность T на длине волны λ , равной 430 нм, при этом в качестве эталонной жидкости (жидкости сравнения) во второй канал спектрофотометра устанавливают аналогичную кювету с дистиллированной водой. Безразмерная величина T определяется отношением двух интенсивностей света I и I_0 , где I - интенсивность света прошедшая через кювету с исследуемой пробой воды, I_0 - интенсивность света прошедшая через кювету с дистиллированной водой.

Поскольку, как показали многочисленные эксперименты по определению ОИГС для различных водоемов и на различных глубинах, его значения изменяется в довольно широких пределах, было предложено определять этот индекс через натуральный логарифм от спектрального показателя ослабления света на длине волны 430 нм. Тем более, что ряд природных процессов описывается именно логарифмически нормальным распределением (изменение концентрации кислорода с высотой, интенсивность солнечной радиации в светлое время суток).

Таким образом расчетная формула имеет вид

$$\text{ОИГС} = \ln(\epsilon_{430}) = \ln\left(\frac{1}{l} \ln\left(\frac{1}{T}\right)\right),$$

где спектральный показатель ослабления света водой ϵ на длине волны 430 нм рассчитывается по формуле Бугера-Ламберта-Бера

$$\epsilon_{430} = 1/l \cdot \ln(1/T);$$

где l - рабочая длина кюветы, $\ln$ - натуральный логарифм, T - спектральная прозрачность на длине волны 430 нм.

Абсолютная погрешность величины ϵ обусловлена погрешностью измерения спектральной прозрачности с помощью спектрофотометра и погрешностью определения длины кюветы. Максимальная абсолютная погрешность измерений ϵ составила около $0,5 \text{ м}^{-1}$.

Полученные численные значения ϵ в м^{-1} и определяет величину ОИГС, по которым и проводится ранжирование воздействия водосборного бассейна на водоем.

Диапазоны значений ОИГС определялись на основании корреляционных зависимостей между показателем ослабления света и трофическим индексом Карлсона (фиг. 1).

Согласно приведенным значениями на (фиг. 1) и данным из таблицы 3 спектрального показателя ослабления света на длине волны 430 нм степень воздействия водосбора и внутриводоемных, гидробиологических процессов (уровень геоэкологического состояния) внутри пресноводного водоема оценивают по численному значению ОИГС исходя из следующей градации (Таблица 2).

Таблица 2:

ОИГС, м ⁻¹	Уровни геоэкологического состояния пресноводного водоема	Степень воздействия водосборного бассейна и внутриводоемных процессов
0 - 0,34	низкий уровень1 (НУ1)	Практически отсутствующая
0,34 - 0,69	низкий уровень2(НУ2)	Очень слабая
0,69-0,91	умеренный уровень1(УУ1)	Ощутимая
0,91 - 1,09	умеренный уровень2(УУ2)	Переходная
1,09 - 2,3	средний уровень1(СУ1)	Значимая
2,3 - 3,1	средний уровень2(СУ2)	Повышенная
3,1 и более	высокий уровень(ВУ)	Сильная

Таблица 3. Соответствие уровней ОИГС трофическому уровню, рассчитанному по спектральному показателю ослабления света

Индекс Карлсона (TSI)	Трофический уровень водоема	ОИГС (спектральный показатель ослабления света $L_n \epsilon_{430}$), м ⁻¹	Уровень геоэкологического состояния пресноводного водоема
0-30	олиготрофное	0-0,34	низкий уровень1 (НУ1)
		0,34-0,69	низкий уровень2(НУ2)
40-50	мезотрофное	0,69-0,91	умеренный уровень1(УУ1)
		0,91-1,09	умеренный уровень2(УУ2)
60-70	эвтрофное	1,09-2,3	средний уровень1(СУ1)
		2,3-3,1	средний уровень2(СУ2)
80 и более	гиперэвтрофное	3,1 и более	высокий уровень(ВУ)

Отбор проб воды может проводиться по всей акватории и по всем глубинам водоема. После отбора пробы воды с использованием спектрофотометра измеряется ее спектральная прозрачность на длине волны 430 нм. Выбор рабочей длины волны $\lambda=$ 430 нм обусловлен тем фактом, что наибольший главный максимум поглощения хлорофиллом "а", содержащимся в клетках водорослей фитопланктона, находится в области 430-440 нм [6].

Анализ данных для разнотипных озер в разные сезоны 2013-2017 гг., позволяет заключить, что ОИГС, определяемый по спектральному показателю ослабления света ϵ , соответствует и трофическому уровню водоемов, определяемому по TSI Карлсона [7] которые приведены в таблице 3. Где Chl_{a} - концентрация хлорофилла «а» в мг/м³, SD - глубина видимости белого диска в м, TP - концентрация общего фосфора в мг/м³, ОИГС, TSI - индекс Карлсона.

Пример.

Для проверки предлагаемого способа определения уровня геоэкологического состояния пресноводного водоема с использованием оптического индекса геоэкологического состояния и предложенных расчетных формул на ряде пресноводных

озер Алтайского края в разные сезоны года были проведены следующие натурные эксперименты.

В июле 2014 года в поверхностном слое воды пелагиальной части озера Красиловское был проведен отбор проб, которые проанализированы на определение концентрации хлорофилла «а» - 31,47 мг/м³, концентрацию общего фосфора - 50 мг/м³, величину спектрального показателя ослабления света ϵ на длине волны 430 нм - 7,2 м⁻¹. Также была определена глубина видимости белого диска, которая составила 0,85 м.

По полученным данным был рассчитан индекс Карлсона, который был равен 62 и соответствовал эвтрофному типу водоема, а уровень геоэкологического состояния по ОИГС - среднему уровню 1.

Регрессионные уравнения для расчета индекса Карлсона имеют следующий вид: для прозрачности по диску Секки

$$TSISD = 60 - 14.14 \cdot \ln SD, \quad (1)$$

Для концентрации хлорофилла

$$TSIChl = 9.81 \cdot \ln Chl^a + 30.6, \quad (2)$$

для концентрации общего фосфора

$$TSIP = 14.42 \cdot \ln P_{общ} + 4.15. \quad (3)$$

Расчет:

$$TSISD = 60 - 14.14 \cdot \ln SD = 59$$

$$TSIChl = 9.81 \cdot \ln Chl^a + 30.6 = 65$$

$$TSIP = 14.42 \cdot \ln P_{общ} + 4.15 = 61$$

$$TSI = 62$$

Таблица 4. ОИГС и трофический уровень пресноводных озёр Алтайского края (по индексу Карлсона и спектральному показателю ослабления света)

Озеро	Chl^a , мг/м ³	SD , м	TP , мг/м ³	$Ln(\epsilon(\lambda))$, м ⁻¹ (430 нм))	TSI	Уровень геоэкологического состояния	Тип водоема
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Август 2013</i>							
Красиловское	12,05	1,20	50	2,1	58	СУ1	Эвтрофный
Лапа	9,24	1,50	40	1,6	54	СУ1	Эвтрофный
Большое Островное	46,10	0,25	110	3,1	73	ВУ	Гиперэвтрофный
<i>Май 2014</i>							
Красиловское	31,26	0,40	80	2,6	68	СУ2	Эвтрофный
Лапа	5,94	1,25	25	1,3	52	СУ1	Эвтрофный
Большое Островное	35,19	0,25	150	3,4	74	ВУ	Гиперэвтрофный
<i>Июль 2014</i>							
Красиловское	31,47	0,85	50	1,9	62	СУ1	Эвтрофный
Лапа	17,92	0,70	40	2,1	60	СУ1	Эвтрофный
1	2	3	4	1,6	6		7

	Большое Островное	49,85	0,40	110	3,2	71	ВУ	Гиперэвтрофный
	<i>Октябрь 2014</i>							
5	Красиловское	36,25	1,05	56	1,7	62	СУ1	Эвтрофный
	Большое Островное	40,75	0,35	90	3,14	70	ВУ	Эвтрофно-гиперэвтрофный
	Лапа	13,53	0,85	38	1,9	58	СУ1	Мезотрофно-эвтрофный
10	<i>Май 2015</i>							
	Большое Островное	27,6	0,4	75	2,9	58	СУ2	Мезотрофно-эвтрофный
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>		<i>7</i>
15	Лапа	14,3	0,4	40	2,61	53	СУ2	Мезотрофно-эвтрофный
	<i>Август 2015</i>							
	Красиловское	14,8	1	50	2,4	59	СУ1	Эвтрофный
20	Большое Островное	40,3	0,4	90	3,1	69	СУ2	Эвтрофно-гиперэвтрофный
	Лапа	17,1	0,7	40	1,8	59	СУ1	Эвтрофный
	<i>Октябрь 2015</i>							
25	Красиловское	25,3	0,7	52	1,8	62	СУ1	Эвтрофный
	Большое Островное	54,5	0,4	130	3,4	72	ВУ	Гиперэвтрофный
	<i>Август 2016</i>							
	Лапа	6,31	1,11	39	1,9	55	СУ1	Эвтрофный
30	Большое Островное	11,15	0,40	84	3	65	СУ2	Эвтрофный
	<i>Ноябрь 2017</i>							
	Красиловское	13,46	1,40	52	2,3	57	СУ1	Эвтрофный

ОИГС, рассчитанный по спектральному показателю ослабления света, является наиболее объективной величиной для определения уровня геоэкологического состояния водоема, так как является суммой показателей поглощения и рассеяния света чистой водой и содержащимися в ней взвешенными и растворенными веществами - хлорофиллом, растворенными органическими (желтое вещество) и неорганическими соединениями, а также минеральной и органической взвесью. Для оценки пространственного распределения ОИГС по акватории Телецкого озера в 2019 г. использовался метод интерполяции и применен модуль расширения из программы ArcView - SpatialAnalyst, где недостающие значения определялись методом обратных взвешенных расстояний (IDW). Примеры расположения областей интерполяции для Телецкого и Красиловского озер в виде картосхемы приведены на фиг. 2 и 3.

Таким образом, данная методика учитывает естественные условия и антропогенное воздействие территории водосбора и внутренние гидробиологические процессы в самом водоеме (размножение и отмирание водорослей). Мониторинг геоэкологического состояния можно проводить всесезонно, по всей акватории и на различных глубинах озер.

Литература

1. Хуан Ж.-Ж. Геоэкологическая оценка трофического статуса пресноводных озер Китая: дис. канд. геогр. наук. - Санкт-Петербург, 2014. - 149 с.
2. Жидкова А.Ю. Геоэкологическая оценка эвтрофирования вод Таганрогского залива: дисс. канд. геогр. наук. - Таганрог, 2017. - 210 с.
3. Меншуткин В.В., Показеев К.В., Филатов Н.Н. Гидрофизика и экология озер. Том II. ЭКОЛОГИЯ. - М.: Физический факультет МГУ, - 2004. - 280 с.
4. Абакумов В.А. Продукционные аспекты биомониторинга пресноводных экосистем. Л.: Труды Зоологического института АН СССР, - 1987. - т. 165. - С. 56-61.
5. Фрумин Г.Т. Оценка состояния водных объектов и экологическое нормирование. СПб, - 1998. - 96 с.
6. Шифрин К.С. Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеиздат, - 1983. - 278 с.
7. Способ определения трофического уровня пресноводного водоема: патент №2018134895 Рос. Федерация: МПК G01N 33/18 (2006.01)/ И.А. Суторихин, И.М. Фроленков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Алтайский гос. университет. - №2 695 154; заявл. 02.10.2018; опубл. 22.07.2019, Бюл. №21. - 7 с.

(57) Формула изобретения

Способ определения уровня геоэкологического состояния пресноводного водоема с использованием спектрального показателя ослабления света водой, отличающийся тем, что из отобранных на акватории пробах воды на любых глубинах и в любые сезоны года при помощи батометра берут пробу воды объемом не менее 50 мл воды, помещают в кювету многоканального спектрофотометра и определяют спектральную прозрачность Т на длине световой волны 430 нм как отношение интенсивности света I, прошедшего через кювету с исследуемой пробой воды, к интенсивности света I₀, прошедшего через кювету с дистиллированной водой, затем по формуле Бугера-Ламберта-Бера рассчитывают спектральный показатель ослабления света ϵ_{430} на длине волны 430 нм (м^{-1}); значение оптического индекса геоэкологического состояния ОИГС пресноводного водоема определяют как натуральный логарифм от полученного значения спектрального показателя ослабления света по формуле

$$\text{ОИГС} = \text{Ln}(\epsilon_{430}) = \text{Ln} \left(\frac{1}{l} \text{Ln} \left(\frac{1}{T} \right) \right),$$

где l - рабочая длина кюветы;

а уровень геоэкологического состояния пресноводного водоема определяют по численному значению ОИГС исходя из градации:

ОИГС, м^{-1}

Уровень геоэкологического состояния пресноводного водоема

0-0,34

низкий уровень 1 (НУ1)

0,35-0,69

низкий уровень 2 (НУ2)

0,70-0,91

умеренный уровень 1 (УУ1)

0,92-1,09

умеренный уровень 2 (УУ2)

1,10-2,3

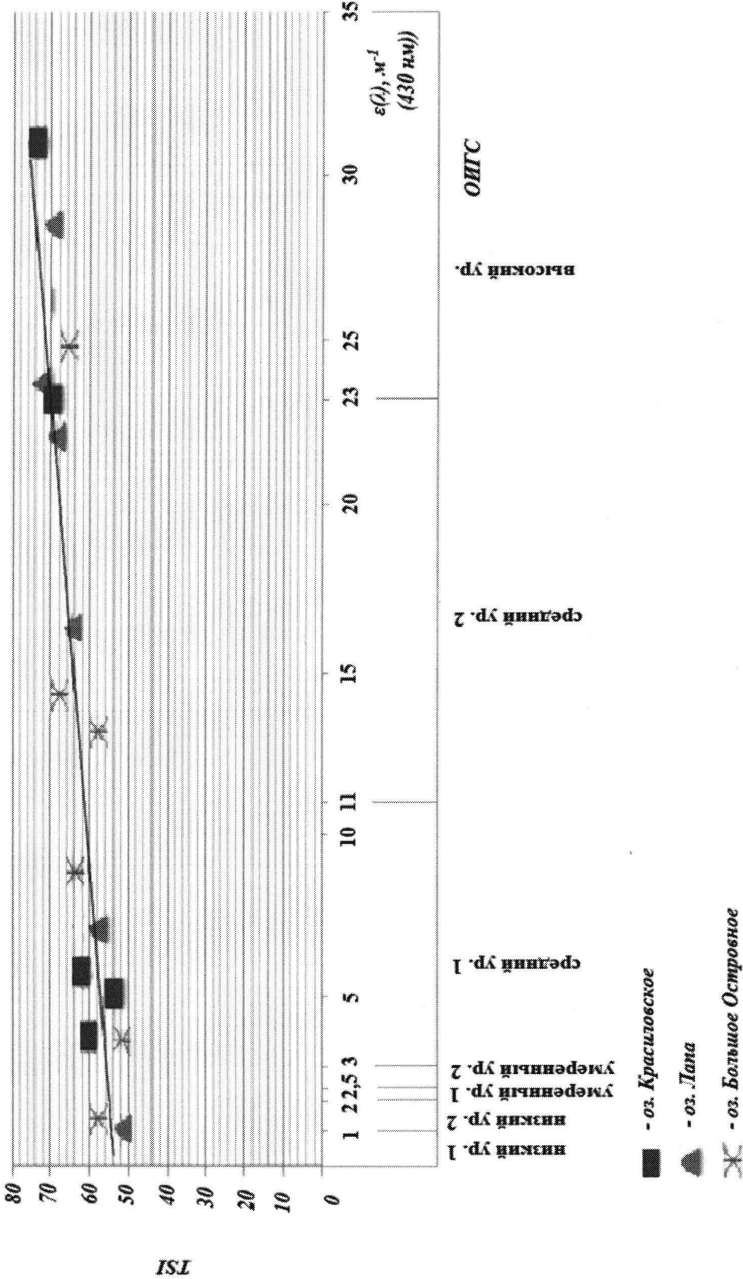
средний уровень 1 (СУ1)

2,31-3,1

средний уровень 2 (СУ2)

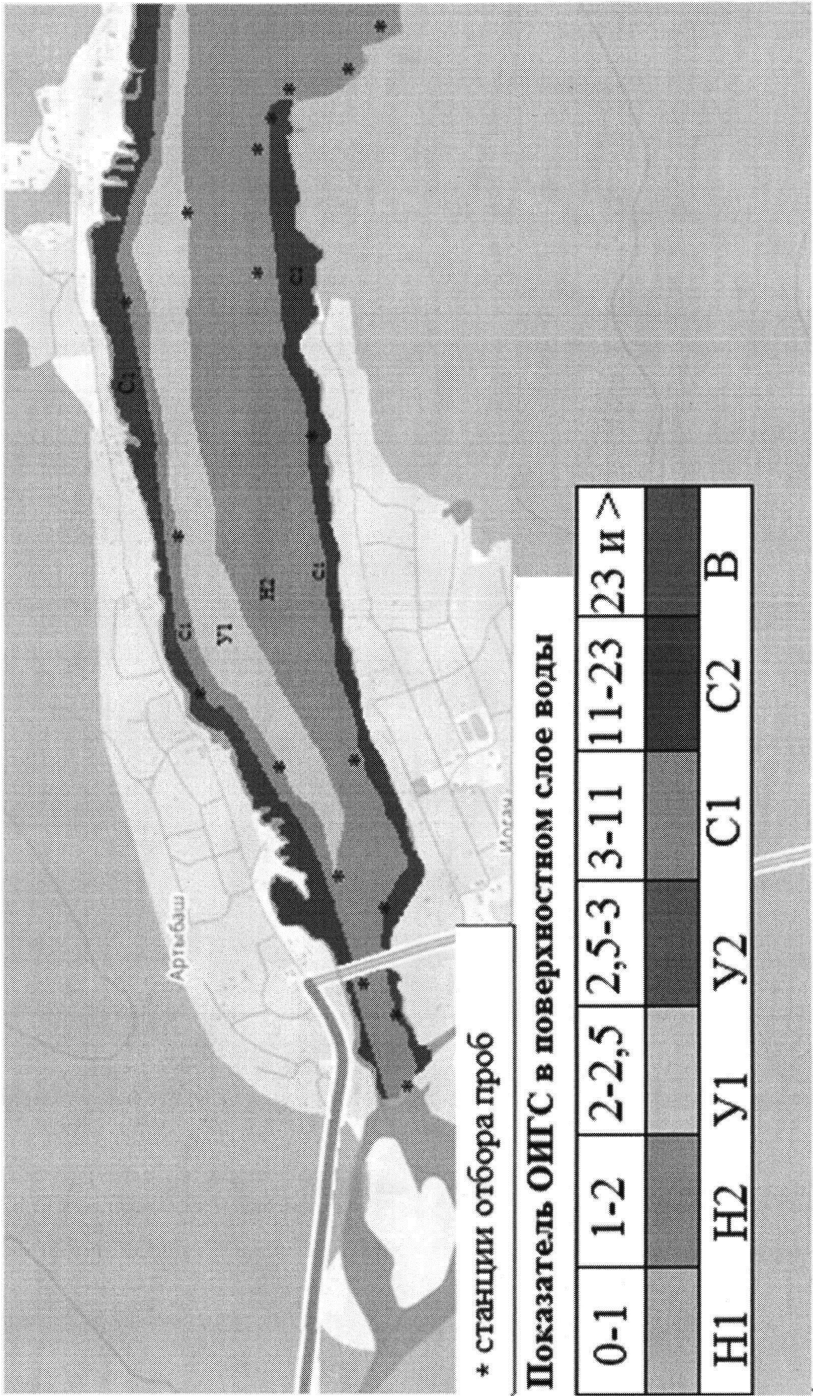
3,11 и более

высокий уровень (ВУ)



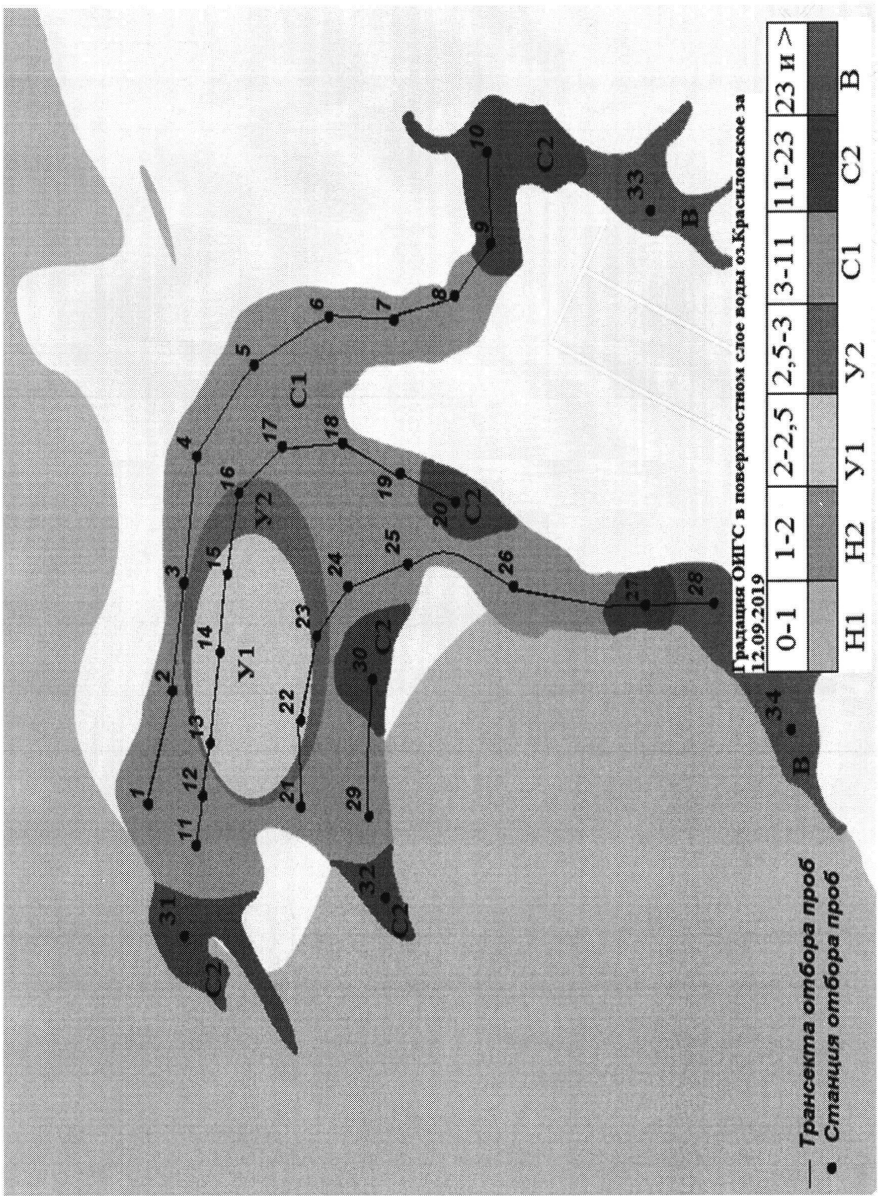
Зависимость между трофическим индексом Карлсона (TSI) и ОИГС

Фиг. 1



Области интерполяции ОИГС Телцкого озера в поверхностном слое в районе п.Артываш 2019 г

Фиг. 2



Области интерполяции ОИГС озера Красиловского в поверхностном слое 2019 г
Фиг.3