

ISSN 1561-8323 (Print)
ISSN 2524-2431 (Online)

УДК 574.5; 574,633; 577.33/34; 577.355
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-325-330>

Поступило в редакцию 18.02.2019
Received 18.02.2019

О. С. Смольская, А. А. Жукова, Б. В. Адамович

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОТРОФНОЙ КОМПОНЕНТЫ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В ОЗЕРАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

(Представлено членом-корреспондентом В. П. Семенченко)

Аннотация. Исследования на 32 озерах Национального парка «Нарочанский» были направлены на изучение количественных и качественных характеристик автотрофной компоненты планктона, а также поиск их связи с данными спектрального анализа пигментного состава. На основании содержания хлорофилла в летнее время года (июль–август) основную часть исследуемых озер можно отнести к мезотрофному типу, 2 – к олиготрофным, 10 – к эвтрофным. Содержание хлорофилла-а в озерах колебалось от 0,3 до 55,2 мкг/л, сестона – от 0,3 до 29,8 мг/л. Пигментные индексы, отражающие состояние планктонных продуцентов, существенно не изменялись в зависимости от трофического статуса озера, однако в более трофных водах спектры поглощения прописываются более четко, соответственно, индексы более надежны и информативны.

Ключевые слова: озера Национального парка «Нарочанский», пигментные индексы, спектры поглощения, хлорофилл, сестон, растворенный кислород

Для цитирования: Смольская, О. С. Спектральные характеристики автотрофной компоненты взвешенного вещества в озерах Национального парка «Нарочанский» / О. С. Смольская, А. А. Жукова, Б. В. Адамович // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 325–330. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-325-330>

Volha S. Smolskaya, Hanna A. Zhukava, Boris V. Adamovich

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE AUTOTROPHIC COMPONENT OF SUSPENDED MATTER IN THE LAKES OF THE NATIONAL PARK “NAROCHANSKY”

(Communicated by Corresponding Member Vitaly P. Semchenko)

Abstract. The studies on 32 lakes of the National Park “Narochansky” were aimed both at studying quantitative and qualitative characteristics of the autotrophic component of plankton and at finding their correlation with the data of spectral analysis of pigment composition. On the basis of the chlorophyll content in the summer season (July–August), the main part of the sampled lakes can be attributed to the mesotrophic type, 2 lakes – oligotrophic, 10 – eutrophic. The content of chlorophyll-a in the lakes ranged from 0.3 to 55.2 µg/l, seston – from 0.3 to 29.8 mg/l. Pigment indices, reflecting the state of planktonic producers, did not change significantly depending on the trophic state of the lake. However, in more trophic waters, the absorption spectra are written more clearly; accordingly, the indices appear to be more reliable and informative.

Keywords: lakes of National Park “Narochansky”, pigment indices, absorption spectra, chlorophyll, seston, dissolved oxygen

For citation: Smolskaya V. S., Zhukava H. A., Adamovich B. V. Spectral characteristics of the autotrophic component of suspended matter in the lakes of National park “Narochansky”. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2019, vol. 63, no. 3, pp. 325–330 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-325-330>

Введение. Водные экосистемы являются одной из основных составляющих экологического каркаса Национального парка «Нарочанский». Комплексные исследования фотосинтетических пигментов с применением современного спектрофотометрического оборудования позволяют на основании определения концентрации хлорофилла-а в воде судить о функциональном состоянии фитопланктона и уровне его развития, т. е. получать количественную характеристику [1].

Некоторые показатели качественного состава водорослей можно определить путем изучения спектральных характеристик их пигментного состава, что позволяет оценить соотношение определенных таксономических групп водорослей, долю живых и мертвых клеток в сообществе. Определение спектральных индексов в воде дает возможность использования их в качестве интегральных показателей при оценке экологического состояния озерных экосистем Национального парка «Нарочанский».

Цель работы – проанализировать основные гидроэкологические показатели и оценить связь спектральных индексов и структурных характеристик фитопланктона.

Материалы и методы исследования. На территории Национального парка «Нарочанский» расположено 43 озера, которые по признакам географического расположения и принадлежности к одной речной системе разделены на 5 групп: Нарочанскую, Болдукскую, Мядельскую, Свирскую и Швакштинскую, озера Дягили и Кузьмичи не относятся к какой-либо группе [2]. Исследование проводили на 32 озерах в летний период 2017–2018 гг. Всего было отобрано 54 пробы воды, в каждой из которых на базе УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга» проводили измерения содержания sestona и хлорофилла в трех повторностях.

Пробы воды отбирали в чистые сосуды с глубины 0,5 м от поверхности воды (также дополнительно 4–6 и 10 м, если озеро глубокое). Взвешенные в воде вещества определяли гравиметрическим методом после фильтрации проб воды через ядерные фильтры с диаметром пор 1 мкм¹. Для определения содержания хлорофилла и феопигментов в общем экстракте использовали спектрофотометрический метод. Измерение оптической плотности экстракта проводили на спектрофотометре Cary 50 (USA), приложение Scan, в диапазоне 350–800 нм с шагом 1 нм. Определение концентрации растворенного в воде кислорода проводили по методу Винклера [1].

Результаты и их обсуждение. В рамках данного исследования в июле–августе были проведены разовые наблюдения основных гидроэкологических показателей озер Национального парка «Нарочанский». В исследованных водоемах содержание растворенного кислорода изменялось в пределах 5,76–10,82 мгО₂/л, степень насыщения воды кислородом колебалась от 68 до 144 %, характеризуя кислородный режим как благоприятный. Прозрачность озер в местах отбора проб колебалась в пределах 0,6–5,0 м. Средняя температура за период наблюдений составила 20 °С, минимальная температура при отборе проб – 12 °С (озеро Болдук на глубине 10 м), максимальная – 26 °С (озеро Глухое на глубине 0,5 м).

Полученные данные позволили провести градацию по трофности всех озер Национального парка «Нарочанский» на основании единого показателя – концентрации хлорофилла-а в толще воды [1]. В табл. 1 и далее представлены средние значения (\pm SD).

За исследованный период содержание sestona по группам показало следующие средние значения: Нарочанская – $6,3 \pm 2,2$ мг/л, Болдукская – $3,0 \pm 3,0$ мг/л, Мядельская – $3,4 \pm 1,3$ мг/л, Свирская – $8,2 \pm 3,4$ мг/л. Содержание хлорофилла по группам характеризовалось следующими средними величинами: Нарочанская – $14,3 \pm 6,2$ мкг/л, Болдукская – $8,2 \pm 6,2$ мкг/л, Мядельская – $3,4 \pm 1,7$ мкг/л, Свирская – $12,0 \pm 5,4$ мкг/л. Трофический статус озер, определенный по содержанию хлорофилла, различался от олиготрофного (Окунек, Ильшния) до эвтрофного (Скрипово).

Необходимо отметить, что пигментные индексы редко используются как маркеры состояния фитопланктона и качества воды. В данной работе рассмотрены две группы индексов: индексы контроля чистоты экстракта пигментов и правильности прописывания спектра светопоглощения, предложенные нами ранее; а также индексы, отражающие состояние первичных продуцентов в водоеме [3–7]. Полученные значения индексов были сопоставлены с уровнем трофического статуса исследованных озер (табл. 2).

Значения индексов контроля чистоты экстрактов должны быть больше 1 и отображать отношения длинно- и коротковолновые пиков спектра поглощения (на длине волны 430 и 664 нм), а также его спада (530 нм) и фонового значения (720 нм). Вспомогательные индексы E_{430}/E_{530} и E_{664}/E_{530} показывают соотношение максимального поглощения в синей и красной области спектра соответственно к минимальному значению в центральной области спектра. Причем, проанализи-

¹ Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла-а: ГОСТ 17.1.04.02.90. – М., 2009. – 25 с.

Т а б л и ц а 1. Гидрохимические показатели в озерах Национального парка «Нарочанский»

Table 1. Hydrochemical indices in the lakes of the National Park “Narochansky”

| Озеро Lake | Хлорофилл, мкг/л Chlorophyll, mcg/l | Сестон, мг/л Seston, mg/l | Содержание хлорофилла в сестоне, % Chlorophyll content in seston, % | Доля феопигментов, % Share of feopigments, % |
|---------------------|--|------------------------------|--|---|
| <i>Олиготрофные</i> | | | | |
| Окунек* | 0,32 ± 0,12 | 0,27 ± 0,16 | 0,12 | 45 |
| Ильшния* | 0,68 ± 0,07 | 0,97 ± 0,25 | 0,07 | 80 |
| <i>Мезотрофные</i> | | | | |
| Россохи | 1,10 ± 0,12 | 0,94 ± 0,13 | 0,12 | 65 |
| Болдук | 1,30 ± 0,52 | 1,08 ± 0,23 | 0,11 | 66 |
| Ячменец | 1,26 ± 0,15 | 1,85 ± 0,22 | 0,07 | 66 |
| Глубля | 1,52 ± 0,12 | 1,27 ± 0,29 | 0,12 | 50 |
| Ходосы | 1,83 ± 0,08 | 1,53 ± 0,12 | 0,12 | 8 |
| Свирьнище | 1,94 ± 0,17 | 1,62 ± 0,04 | 0,12 | 78 |
| Глухое | 1,98 ± 0,21 | 1,13 ± 0,09 | 0,18 | 53 |
| Волчино | 2,09 ± 0,62 | 2,88 ± 0,16 | 0,08 | 28 |
| Черток* | 2,16 ± 0,34 | 2,53 ± 0,71 | 0,09 | 17 |
| Дягили | 2,58 ± 0,10 | 1,90 ± 0,08 | 0,14 | 27 |
| Грядское* | 2,59 ± 0,27 | 1,78 ± 0,38 | 0,15 | 65 |
| Мядель | 3,68 ± 1,40 | 2,20 ± 0,51 | 0,15 | 31 |
| Белое | 3,91 ± 1,10 | 2,15 ± 0,67 | 0,20 | 57 |
| Козье* | 4,23 ± 0,67 | 2,28 ± 0,37 | 0,19 | 25 |
| Барсуки* | 4,32 ± 0,32 | 1,69 ± 0,46 | 0,26 | 32 |
| Глубелька | 5,14 ± 0,33 | 1,51 ± 0,08 | 0,23 | 66 |
| Лотвины | 5,53 ± 1,69 | 4,32 ± 2,50 | 0,14 | 44 |
| Мертвое* | 5,99 ± 1,57 | 2,75 ± 1,06 | 0,22 | 61 |
| Княгининское* | 6,69 ± 1,40 | 19,54 ± 0,6 | 0,03 | 60 |
| Млынок* | 9,18 ± 0,32 | 1,90 ± 0,70 | 0,48 | 39 |
| <i>Эвтрофные</i> | | | | |
| Свирь | 12,31 ± 2,5 | 6,60 ± 2,80 | 0,23 | 52 |
| Шестакова* | 14,85 ± 2,71 | 7,25 ± 1,48 | 0,20 | 68 |
| Кузьмичи | 16,71 ± 0,43 | 27,8 ± 1,45 | 0,06 | 18 |
| Подшапье* | 20,67 ± 0,60 | 4,11 ± 0,84 | 0,50 | 24 |
| Красник* | 21,42 ± 1,85 | 9,75 ± 0,50 | 0,22 | 62 |
| Глухое* | 24,17 ± 0,61 | 15,3 ± 1,90 | 0,16 | 80 |
| Швакшты | 30,28 ± 0,18 | 24,72 ± 1,6 | 0,12 | 27 |
| Вишневское | 30,45 ± 1,70 | 29,8 ± 2,62 | 0,10 | 60 |
| Амшерник* | 53,70 ± 3,28 | 13,5 ± 0,83 | 0,40 | 53 |
| Скрипово* | 55,21 ± 4,68 | 29,07 ± 4,06 | 0,19 | 64 |

Примечание. * – озера характеризуются как дистрофные по литературным данным [2].

Note. * – the lakes are characterized as dystrophic according to the data [2].

Т а б л и ц а 2. Пигментные индексы озер Национального парка «Нарочанский»

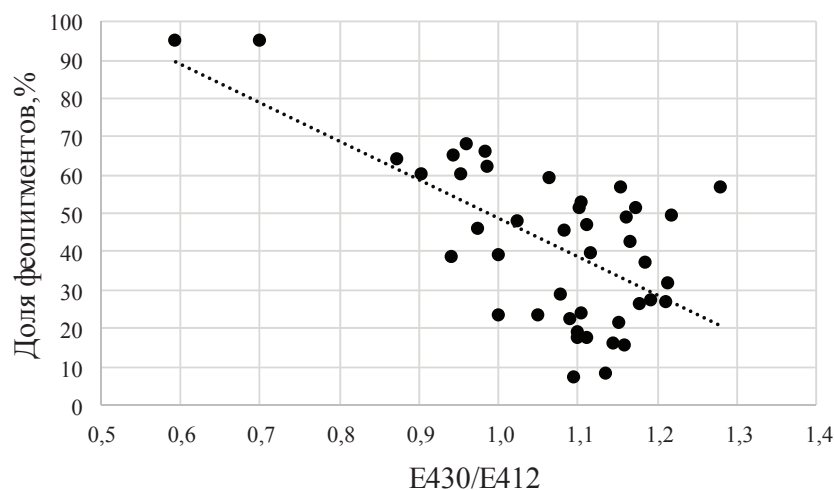
Table 2. Pigment indices of the lakes of the National Park “Narochansky”

| Трофический статус водоема [1] Trophic status of the reservoir [1] | Пигментные индексы контроля чистоты экстракта Pigment indices control the purity of the extract | | | | | Пигментные индексы состояния первичных продуцентов озер Pigment indices of the state of the primary producers of lakes | | | |
|---|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | E_{664}/E_{720} | E_{430}/E_{720} | E_{530}/E_{720} | E_{430}/E_{530} | E_{664}/E_{530} | E_{480}/E_{664} | E_{450}/E_{480} | E_{430}/E_{664} | E_{430}/E_{412} |
| Олиготрофный | 2,13 ± 0,24 | 3,12 ± 1,78 | 1,15 ± 0,34 | 4,02 ± 2,42 | 1,21 ± 0,29 | 1,21 ± 0,54 | 1,41 ± 0,27 | 2,40 ± 1,84 | 1,02 ± 0,29 |
| Мезотрофный | 11,80 ± 9,31 | 26,12 ± 9,91 | 3,08 ± 2,83 | 7,73 ± 7,43 | 3,46 ± 2,41 | 1,02 ± 0,20 | 1,48 ± 0,22 | 2,05 ± 0,38 | 1,08 ± 0,09 |
| Эвтрофный | 23,84 ± 9,05 | 51,03 ± 9,10 | 4,88 ± 4,11 | 14,05 ± 5,32 | 6,18 ± 6,10 | 1,02 ± 0,16 | 1,46 ± 0,23 | 2,17 ± 0,49 | 1,08 ± 0,15 |

зировав данные, видно, что индекс E_{430}/E_{530} дает в 2 раза большее значение, чем индекс E_{664}/E_{530} для озер с различным уровнем трофности. Индексы E_{664}/E_{720} и E_{430}/E_{720} показывают максимальное поглощение синей и красной области спектра соответственно к минимальному (фоновому) значению в красной области спектра, при этом значение E_{664}/E_{720} также меньше индекса E_{430}/E_{720} , что связано с большей высотой пика светопоглощения в синей области спектра. Индекс E_{530}/E_{720} показывает соотношение минимального значения в зеленой области спектра к минимальному (фоновому) значению в дальней красной области спектра.

Исходя из данных, представленных в табл. 2, можно сделать вывод, что значения индексов контроля чистоты экстракта в среднем увеличиваются по мере возрастания трофического статуса озера, что связано с большим количеством пигментов в экстракте и, соответственно, более выраженным пигментным спектром поглощения. Таким образом, если спектры поглощения пигментов планктона прописываются четко, без выбросов, то можно быть уверенными в отсутствии мешающих примесей в экстракте и правильности результатов дальнейшего расчета пигментных индексов, характеризующих состояние фитопланктона [3]. Индексы контроля чистоты экстракта показывают, что в олиготрофных водах пигментные индексы будут менее надежны и информативны в сравнении с мезо- и эвтрофными водами, где отношение светопоглощения на пиках и спадах пигментного спектра в несколько раз больше, чем в олиготрофных.

Скорректированный индекс E_{430}/E_{412} отображает изменения, которые происходят с молекулами хлорофилла при деградации – сдвиг синего максимума спектра поглощения в более коротковолновую область [4]. Значения индекса E_{430}/E_{412} , полученные для озер Национального парка, колебались от 0,59 до 1,29 ($1,07 \pm 0,12$), свидетельствуя, что в большей части проб преобладал фотосинтетически активный хлорофилл, за исключением нескольких образцов. На рисунке показана связь между значением индекса E_{430}/E_{412} и долей феопигментов. Коэффициент корреляции $r = -0,63$ ($n = 43$). Примечательно, что медианная доля феопигментов в пробе соответствует значению индекса равному 1, что можно использовать для экспресс-анализа степени деградации хлорофилла в пробе (если $E_{430}/E_{412} < 1$, то доля феопигментов составляет менее 50 %).



Связь индекса E_{430}/E_{412} с долей феопигментов (%) в экстрактах фитопланктона озер Национального парка «Нарочанский»
The relationship between the index of E_{430}/E_{412} and the fraction of pheopigments (%) in phytoplankton extracts of the lakes of the National park “Narochansky”

Индекс E_{450}/E_{480} может быть использован как показатель степени развития отдельных отделов водорослей и цианобактерий (ввиду отсутствия у последних каротиноидов в пигментном составе). Для исследованных образцов воды озер Национального парка «Нарочанский» значения индекса E_{450}/E_{480} практически везде были больше 1,5 (1,14–3,00), что может свидетельствовать о преобладании в большинстве проб пигментов зеленых и диатомовых водорослей [5; 7].

Индексы E_{480}/E_{664} и E_{430}/E_{664} характеризуют соотношение общих каротиноидов и хлорофилла-*a*. Считается, что повышение этих индексов свидетельствует об ухудшении «физиологическо-

го» состояния фитопланктона и увеличении его пигментного разнообразия [3; 5; 6]. По исследованным нами пробам воды индекс E_{430}/E_{664} изменялся в пределах от 1,0 до 4,5, среднее значение ($\pm Sd$) было $2,3 \pm 1,4$; аналогичные значения для индекса E_{480}/E_{664} составили $1,1 \pm 0,3$, при колебаниях от 0,7 до 3,0. Зависимости между значениями индекса и уровнем трофности исследуемых озер не выявлено.

Заключение. В результате проведенной работы были проанализированы спектры поглощения пигментов фитопланктона для озер Национального парка «Нарочанский». В ходе работы рассчитаны пигментные индексы E_{450}/E_{480} , E_{480}/E_{664} , E_{430}/E_{664} , E_{430}/E_{412} , отражающие состояние планктонных продуцентов в экосистеме, а также вспомогательные пигментные индексы контроля чистоты экстракта и четкости прописанного спектра (E_{664}/E_{720} , E_{430}/E_{720} , E_{530}/E_{720} , E_{430}/E_{530} и E_{664}/E_{530}). Показано, что пигментные индексы могут быть использованы в качестве одного из параметров оценки качества воды для всех типов водоемов вне зависимости от уровня их трофии и состояния фитопланктона. Следует, однако, отметить, что с изменением трофического статуса водоема (от олиготрофного до эвтрофного) увеличиваются значения индексов контроля чистоты экстракта, что говорит о том, что спектры поглощения прописываются более четко, соответственно, индексы более надежны. В целом, колебания индексов состояния первичных продуцентов для озер различного трофического статуса незначительны, однако разброс значений уменьшается по всем индексам с увеличением трофности, что также свидетельствует о большей репрезентативности индексов в водах с более высоким удельным содержанием пигментов.

По содержанию хлорофилла большинство озер имели средний трофический статус при колебаниях от олиготрофных до высокоэвтрофных. В исследованных пробах воды отмечается большой размах колебаний доли феопигментов в суммарном форбине 8–80 % (среднее по всем озерам составило 43 %). Среднее содержание хлорофилла-*a* составило 8,9 мкг/г (при колебаниях от 0,3 до 55,2 мкг/л), содержание сестона – 5,7 мг/л, доля хлорофилла в сестоне – 0,17 % (изменяясь соответственно от 0,3 до 29,8 мг/л и от 0,03 до 0,50 %). Связь между глубиной отбора проб воды в глубоководных озерах Национального парка «Нарочанский» и их гидроэкологическими показателями не выявлена. Кислородный режим обследованных озер характеризовался как благоприятный для гидробионтов.

Полученные гидроэкологические данные дополняют базу многолетних наблюдений за озерами Национального парка «Нарочанский», а также позволяют проводить оперативную оценку текущего состояния озер с целью сохранения их уникальных черт и природного богатства.

Благодарности. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке БРФФИ.

Acknowledgements. The study is partially sponsored by the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research.

Список использованных источников

1. Винберг, Г. Г. Первичная продукция водоемов / Г. Г. Винберг. – Минск, 1979. – С. 187–269.
2. Водные ресурсы Национального парка «Нарочанский» / А. Г. Аронов [и др.]. – Минск, 2012. – 128 с.
3. Смольская, О. С. Спектральные пигментные индексы фитопланктона в разнотипных водных объектах Беларуси / О. С. Смольская, А. А. Жукова // Журн. Белорусского государственного ун-та. Экология. – 2018. – № 1. – С. 113–123.
4. Бульон, В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов / В. В. Бульон // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1983. – Т. 98. – 149 с.
5. Связь спектральных характеристик пигментного состава и структурных показателей фитопланктона в р. Свислочь / Т. М. Михеева [и др.] // Журн. Белорусского государственного ун-та. Экология. – 2018. – № 4. С. 42–51.
6. Сигарева, Л. Е. Значимость пигментных характеристик фитопланктона при оценке качества воды / Л. Е. Сигарева, Е. А. Лешенко // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 4. – С. 475–480.
7. Сиделев, С. И. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона высокоэвтрофного озера / С. И. Сиделев, О. В. Бабаназарова // Журн. Сибирского Федерального ун-та. Биология. – 2008. – Т. 1, № 2. – С. 162–177.

References

1. Vinberg G. G. *Primary production of water bodies*. Minsk, 1979, pp. 187–269 (in Russian).
2. Lyushtyk V. S., Zhukova T. V., eds. *Water resources of the National Park "Narochansky"*. Minsk, 2012. 128 p. (in Russian).
3. Smol'skaya O. S., Zhukova A. A. Spectral pigment indices of phytoplankton in various water bodies of Belarus. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belorussian State University. Ecology*, 2018, no. 1, pp. 113–123 (in Russian).

4. Bul'on V. V. Primary production of plankton of inland water bodies. *Proceedings of the Zoological Institute*, 1983, vol. 98. 149 p. (in Russian).

5. Mikheyeva T. M., Smol'skaya O. S., Zhukova A. A., Savich I. V. The relationship of the spectral characteristics of the pigment composition and phytoplankton structural indicators in the river Svisloch. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belorussian State University. Ecology*, 2018, no. 4, pp. 42–51 (in Russian).

6. Sigareva L. Ye., Lyashenko O. A. Importance of pigment characteristics of phytoplankton in water quality assessment. *Vodnyye resursy = Water Resources*, 2004, vol. 31, no. 4, pp. 475–480 (in Russian).

7. Sidelev S. I., Babanazarova O. V. The Link Analysis of the Pigmentary and Structural Characteristics of the High-Eutrophic Lake Phytoplankton. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2008, vol. 1, no. 2, pp. 162–177 (in Russian).

Информация об авторах

Смольская Ольга Сергеевна – мл. науч. сотрудник. Белорусский государственный университет (пр-т Независимости, 4, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: sylimova_1991@mail.ru.

Жукова Анна Анатольевна – канд. биол. наук, доцент. Белорусский государственный университет (пр-т Независимости, 4, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna_eco@tut.by.

Адамович Борис Владиславович – канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией. Белорусский государственный университет (пр-т Независимости, 4, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belaqalab@gmail.com.

Information about the authors

Smolskaya Volha Sergeevna – Junior researcher. Belarusian State University (4, Nezavisimosti Ave., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sylimova_1991@mail.ru.

Zhukava Hanna Anatolievna – Ph. D. (Biology), Associate professor. Belarusian State University (4, Nezavisimosti Ave., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anna_eco@tut.by.

Adamovich Boris Vladislavovich – Ph. D. (Biology), Associate professor, Head of the Laboratory. Belarusian State University (4, Nezavisimosti Ave., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belaqalab@gmail.com.