

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА

хлорофилла *a* и каротиноидов

оз. Светлояр И ЕГО ТРОФИЧЕСКИЙ

СТАТУС

Рассматривается сезонная динамика хлорофилла *a* и каротиноидов на разных горизонтах водной толщи оз. Светлояр. Обнаружено два пика биомассы пигментов, приходящиеся на середину лета и начало осени. Преобладание каротиноидов над хлорофиллом *a* свидетельствует о превышении деструкции органического вещества над фотосинтезом. Оз. Светлояр по среднему содержанию хлорофилла *a* может быть оценен как водоём, находящийся на стадии перехода от мезотрофного к эвтрофному состоянию.

Введение

Оз. Светлояр – памятник природы федерального значения, объект культурного и религиозного значения, находящийся в Воскресенском районе Нижегородской области, в 150 км к северо-востоку от г. Нижний Новгород в бассейне р. Ветлуга, в долине её правого притока – р. Люнда. Это глубокое озеро с максимальной глубиной 33,2 м, с довольно прозрачной водой (до 5,5–6,0 м по диску Секки), площадью 12,56 га. Оз. Светлояр испытывает возрастающую с годами антропогенную нагрузку, и вопрос о его состоянии был и остаётся актуальным.

Оценкой трофического статуса озера в разные годы занимались многие исследователи. В частности, при проведении замеров первичной продукции озера в 1969 и 1971 гг. [1] установлено, что при максимальной суточной интенсивности фотосинтеза в июле и августе ($16,1 \text{ ккал/м}^2$) валовая продукция за четыре месяца (май–август) составляла 1158 ккал/м^2 . Согласно классификации [2] это показатели α -эвтрофного озера. На основании изучения бактериопланктона в 1974 г. [3, 4] оз. Светлояр отнесено к мезотрофному типу. Сравнение структурных и функциональных характеристик зоопланктона 1972 г. и 2002–2003 гг. показало, что уровень троф-

ности водоема в начале 2000-х гг. был ниже, чем в начале 1970-х годов и сделан вывод о деэвтрофировании (реолиготрофизации) водоёма [5].

Основу численности фитопланктона в оз. Светлояр 2000–2002 гг. составляли синезеленые (представители родов *Aphanothece*, *Gomphosphaeria*, *Microcystis*) водоросли. Доминантами по биомассе, благодаря большим размерам своих клеток, являлись динофитовые (*Ceratium hirundinella* (O.F.Müll) Dujardin, виды рода *Peridinium*), которые создавали до 96 % суммарной биомассы. В качестве субдоминантов выступали зеленые, золотистые и диатомовые. Трофический статус озера в тот период был определён как переходный от олиготрофного состояния к мезотрофному [6].

В то же время, интенсивность убывания кислорода, наблюдавшаяся в те годы, свидетельствовала об эвтрофном статусе озера. Концентрация фосфора также говорит об эвтрофии или даже гиперэвтрофии [7].

В результате изучения хода продукционно-деструкционных процессов скляночным методом в 2000–2002 гг. установлено, что интенсивность первичной продукции нарастает от весны к середине лета, тогда как максимум дыхания приходится на вторую половину лета. Выявлена существенная разница в скорости и направленности процессов по горизонтам. Практически на всех горизонтах трофогенного слоя в целом за вегетационный период зарегистрировано превышение деструкции органического вещества над фотосинтезом [8].

В настоящее время в практике водного мониторинга получил широкое распространение спектрометрический метод определения пигментов водорослей, позволяющий

В.В. Логинов*,

кандидат биологических наук, научный сотрудник, ФГБНУ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства, Нижегородская лаборатория

Н.Г. Баянов,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства, Нижегородская лаборатория

* Адрес для корреспонденции: loginovvv69@mail.ru

достаточно быстро получать информацию об их составе и количестве. Результаты исследований растительных пигментов в водоемах верхневолжского бассейна свидетельствуют о том, что пигментные показатели, полученные спектрофотометрическим методом, адекватно отражают основные свойства водных экосистем: пространственно-временное распределение и продуктивность водорослей, трансформацию органического вещества, эвтрофирование и эволюцию водоемов [9, 10].

Цель данной работы – изучение динамики хлорофилла *a* и каротиноидов в водной толще оз. Светлояр как во временном (сезонные изменения), так и в пространственном (разные горизонты трофогенного слоя озера) аспектах. Кроме этого, на основании сведений о концентрации хлорофилла *a*, как наиболее информативного для оценки трофического статуса показателя, мы попытались уточнить состояние озера на настоящий момент.

Материалы и методы исследования

Пробы воды для определения хлорофилла *a* отбирались с апреля 2010 по декабрь 2011 г. Отбор производился бутылкой-батометром в наиболее глубокой части озера со следующих глубин: 0,3 м (поверхность), половина величины прозрачности по диску Секки (0,5 S), одинарная прозрачность (1 S), удвоенная (2 S) и утроенная прозрачность (3 S). Периодически в летний период отбирались пробы воды в прибрежье озера.

Для концентрирования клеток использовали мембранные фильтры с размерами пор 1–3 мкм типа МФАС-М-1 ЗАО НТЦ «Влади-

Т.В. Кривдина,
научный сотрудник,
ФГБНУ
Государственный
научно-исследова-
тельский институт
озерного и речного
рыбного хозяйства,
Нижегородская
лаборатория

пор». Фильтры растворяли 90 %-ным раствором ацетона из расчета 10 мл на одну пробу. Определение хлорофилла проводили спектрофотометрическим методом [11] на спектрофотометре СФ–2000. Концентрации хлорофилла *a* и каротиноидов рассчитывали по соответствующим формулам [12]. В кювету сравнения наливали 90 %-ный раствор ацетона и измеряли оптические плотности экстракта D на длинах волн 430, 480, 630, 645, 663, 750 нм (без поправки на мутность экстракта). После этого подкисляли экстракт в кювете 2–3 каплями 0.5 %-ной HCl и измеряли оптические плотности на длинах волн 750 и 663 нм.

Результаты и их обсуждение

Динамика изменения прозрачности в 2010–2011 гг. представлена в *табл. 1*. Как видно, первый год исследований прозрачность изменялась от 1,8 до 4,0 м, второй – от 2,0 до 4,2 м. Средние показатели составляли 2,8 и 3,1 м, соответственно. Максимальные значения в первый год наблюдений пришлось на середину мая, начало июля и середину ноября. Минимумы – на вторую декаду июля и начало сентября. Во второй год наблюдений наибольшей прозрачностью отличались воды в период с конца августа по октябрь, первую половину вегетационного сезона прозрачность была невысокой (2,0–3,5 м).

Хлорофилл

Значительные концентрации фитопланктонного хлорофилла *a* (**Хл а**) (свыше 8 мкг/л) в весенний период регистрируются сразу после схода снежного покрова. В конце апреля поверхностные воды оз. Светлояр прогре-



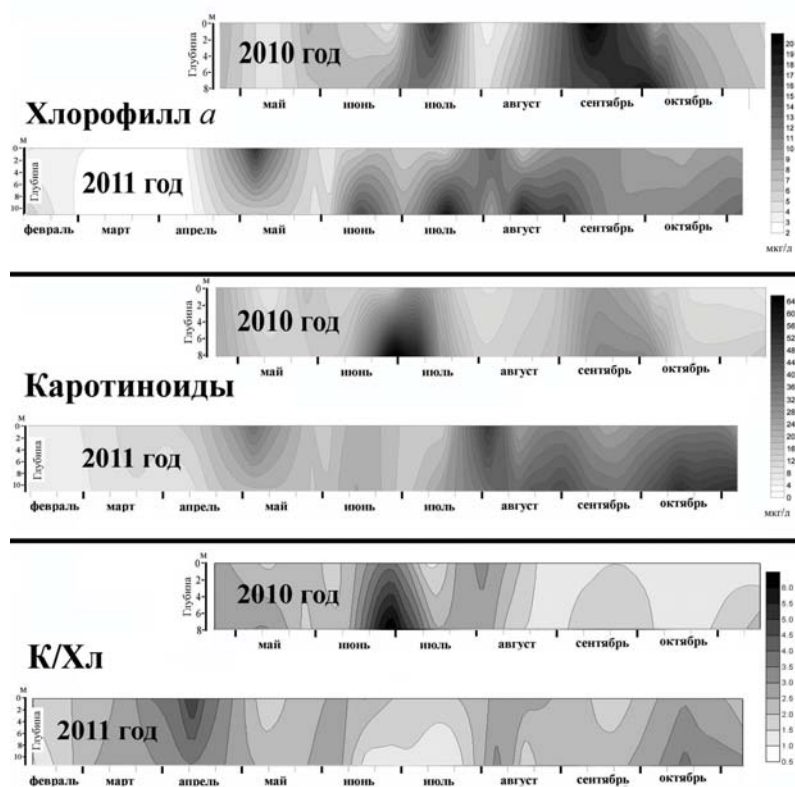


Рис. 1. Динамика изменения концентрации хлорофилла а, каротиноидов и их соотношения (К/Хл) в оз. Светлояр.

ваются до 8–10 °С и налицо температурное расслоение, знаменующее собой начало гидрологического лета [7]. Наблюдения этого периода 2010 г. выявили содержание Хл а в размере 8,16 мг/л в самом поверхностном горизонте. В середине мая концентрации пигмента были ниже, составляя 3–5 мг/л, с относительно равномерным распределением по горизонтам водной толщи (рис. 1). К концу месяца имел место незначительный рост содержания Хл а, с максимумом 8,96 мг/л в поверхностном горизонте. В июне концентрация пигмента в водной толще открытой части озера держалась вблизи 7–8 мг/л, в то время как у берега была заметно выше – до 25,85 мг/л. С начала июля наблюдалась заметная разница в концентрации хлорофилла между горизонтами водной толщи. Если ближе к поверхности до двухметровой глубины она составляла 3–4 мг/л, то на глубинах от 4 до 8 метров – 10–12 мг/л. К середине июля произошел общий рост концентрации Хл а до 16–17 мг/л, лишь на глубине прозрачности (1 м) она была ниже – 11,39 мг/л. Во второй половине этого месяца увеличение концентрации хлорофилла продолжалось, на глубинах 0,5 S и 1 S она достигла 19,2–19,3 мг/л, в поверхностных водах – 16,8 мг/л. Лишь на глубинах удвоенной прозрачности (4 м) несколько ниже – 10,7 мг/л.

С началом августа 2010 г. произошло резкое падение концентрации хлорофилла (рис. 1). На большинстве наблюдаемых горизонтов она упала до 1–4 мг/л, лишь на глубине 0,5 S (1,5 м) чуть превышала 7,1 мг/л. После этого вновь наблюдался рост. В середине августа концентрация достигла 5–8 мг/л (лишь на двухметровой глубине – 3,5 мг/л).

В первых числах сентября 2010 г. концентрация составляла 10–11 мг/л на горизонтах 0,5 S, 1 S и 15 мг/л у поверхности и на глубине удвоенной прозрачности. Заметим, что в это время такое же содержание хлорофилла а и в прибрежье озера – около 11 мг/л.

В середине сентября наблюдалась вспышка численности водорослей фитопланктона, концентрация Хл а достигала 20–24 мг/л на большинстве горизонтов. На этом уровне на глубинах 2,5–5 м она сохранялась и в первых числах октября. В верхнем полуметровом слое наблюдалось заметное падение содержания хлорофилла до 8–10 мг/л.

В конце октября – начале ноября на озере наступает гидрологическая осень, когда вся водная масса охлаждается до 6–8 °С. Этот сезон на оз. Светлояр длится около месяца и заканчивается установлением обратной температурной стратификации, что, как правило, совпадает с образованием устойчивого ледового покрова и началом гидрологической зимы.

Постепенно в течение осени содержание Хл а снижается, и распределение пигментов по горизонтам становится более равномерным, с концентрацией в середине октября 8–11 мг/л, а в конце этого месяца и в середине ноября – 6–8 мг/л.

В феврале 2011 г. концентрация хлорофилла в водах оз. Светлояр составляла в среднем 2–3 мг/л, не изменяясь до первой декады апреля, то есть до периода начала паводковых явлений.

Гидрологическая весна на оз. Светлояр начинается между 10 и 20 апреля с разрушения зимней стратификации [7]. Полное освобождение озера ото льда в 2011 г. произошло 2 мая. К этому сроку концентрация зелёных пигментов в его водах существенно возросла, дойдя до 18,4 мг/л в поверхностном горизонте с минимумом (6,6 мг/л) на глубине 6 м.

Весенняя вспышка водорослей к началу июня сменилась существенным спадом, когда концентрация Хл а на всех горизонтах составляла 4–5 мг/л. В середине июня вновь наметился подъем (рис. 1), особенно на нижних горизонтах (глубже 4 м), доходя до 16,8 мг/л на восьмиметровой глубине. На этой глубине повышенные концентрации хлорофилла сохранялись вплоть до середи-

ны июля, достигая 19,8 мкг/л. В вышележащих слоях воды содержание *Хл а* заметно ниже – 5–7 мкг/л.

С началом августа произошёл «переворот» в распределении зеленых пигментов, обусловленный, вероятнее всего, началом осеннего перемешивания вод. Наибольшие концентрации стали характерны для верхних водных слоёв. У поверхности и на глубине 4 м они доходили до 16 мкг/л, на глубинах 6–8 м – до 7,9 мкг/л. Но в середине месяца вновь наибольшая плотность *Хл а* была на нижних горизонтах, доходя до 25 мкг/л на глубине 10 м. В конце месяца имело место равномерное распределение пигментов с максимумом (16,4 мкг/л) на 11-ти метровом горизонте. Средняя по горизонтам концентрация хлорофилла по всем горизонтам на протяжении августа не менялась, составляя около 12 мкг/л.

В середине сентября, видимо, из-за продолжающегося осеннего перемешивания верхних слоёв озера наблюдается относительная однородность в распределении *Хл а* при концентрации 7–14 мкг/л. До первых чисел ноября концентрация пигмента остаётся довольно высокой – 10–12 мкг/л.

Каротиноиды

В последней декаде апреля 2010 г. концентрация каротиноидов была довольно велика и составляла 21,7 мкг/л, после чего произошло её двукратное снижение, и к середине мая содержание желтых пигментов упало до 10 мкг/л. К концу месяца вновь наметился рост – среднее значение достигло 16,2 мкг/л, на горизонте 3,2 м доходя до 21,1 мкг/л.

Во второй декаде июня в нижних горизонтах концентрации пигмента находились в диапазоне 13–20 мкг/л, лишь у поверхности чуть ниже – 9,8 мкг/л. В конце этого месяца начался рост, особенно активный на нижнем (из наблюдаемых) горизонте – 8 м. В прибрежных водах озера в июне содержание

каротиноидов достигло рекордной величины 76,8 мкг/л.

Начавшееся в конце июня интенсивное размножение водорослей привело к пику концентрации каротиноидов в середине июля, когда среднее её значение по всем горизонтам было 40 мкг/л, а у поверхности – до 68 мкг/л. Это сочеталось с резким падением прозрачности воды в озере (табл. 1). Плотность желтых пигментов на уровне 25 мкг/л сохранялась весь июль на глубинах 0–2 м, понижаясь в нижних слоях (13,1 мкг/л на глубине 4 м).

С началом августа концентрация пигментов снизилась и на большинстве из наблюдаемых горизонтов она составила 7–10 мкг/л, лишь на полтораметровой глубине – 19 мкг/л. В середине месяца начавшееся перемешивание светлойрских вод привело к равномерному распределению каротиноидов на уровне 11–14 мкг/л.

В первых числах сентября наметился осенний рост концентрации каротиноидов, приведший к тому, что в середине этого месяца она достигла 29,2 мкг/л в среднем по горизонтам при относительно равномерном распределении. В первых числах октября высокие концентрации на уровне предыдущего месяца сохранялись на нижних горизонтах (2,5–5,0 м), но в дальнейшем имело место двукратное сокращение содержания каротиноидов при относительно равномерном их распределении по наблюдаемым слоям воды. Близкие между разными горизонтами величины – около 10 мкг/л сохранялись до середины ноября 2010 г.

В феврале 2011 г. концентрация желтых пигментов оз. Светлояр составила 4,2–4,7 мкг/л от поверхности до глубины 5 м. В марте произошел небольшой рост до 6–7 мкг/л, к концу месяца более заметный – до 9–10 мкг/л. Эта концентрация сохранялась в апреле.

В мае после освобождения озера ото льда наблюдался существенный подъем содержания каротиноидов до 20–27 мкг/л в верхнем

Таблица 1

Изменение прозрачности (Т) воды оз. Светлояр в 2010–2011 гг.

2010 г.													
Месяц	май		июнь	июль			август		сентябрь	октябрь			ноябрь
Дата	16,05	31,05	15,06	1,07	13,07	17,07	2,08	16,08	2,09	5,10	14,10	29,10	16,11
Т, м	4,0	3,2	3,1	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,8	2,5	2,5	2,5	3,5
2011 г.													
Месяц	май	июнь		июль		август		сентябрь	октябрь			ноябрь	
Дата	6,05	1,06	13,06	1,07	15,07	2,08	30,08	14,09	10,10			2,11	
Т, м	2,0	3,2	2,0	2,0	3,5	2,0	4,0	4,2	4,0			3,8	

двухметровом слое и 15–17 мкг/л на глубинах 4–6 м. Этот подъём обозначил собой весеннюю вспышку фитопланктона. В течение первых двух летних месяцев концентрация каротиноидов сохранялась на более низком, чем в мае, уровне, с небольшим ростом показателей (до 17 мкг/л) в средних числах июня.

Существенный подъём концентрации желтых пигментов произошел в 2011 г. в самом начале августа. У поверхности (0,3 м) она достигла 45,7 мкг/л, ниже, на глубинах до 10 м – на уровне 22–27 мкг/л. В средних числах августа высокое содержание каротиноидов (46,4 мкг/л) имело место на глубине 10 м, верхние 3 м водной толщи содержали каротиноиды в количестве 16–18 мкг/л, а промежуточные слои – 26–27 мкг/л. В конце августа средняя концентрация оставалась на том же уровне 25–26 мкг/л, но распределение пигмента по горизонтам было более равномерным.

Несмотря на понижение температур, в октябре и в начале ноября 2011 г. концентрация каротиноидов в водах оз. Светлояр оставалась на высоком уровне и даже возросла до 40–42 мкг/л в нижних слоях.

Динамика индекса К/Хл

Соотношение концентраций каротиноидов и хлорофилла *a* представлено на рис. 1. Большой разброс показателя свидетельствует о значительной разнородности фитопланктона озера. Выявлено 145 видов, разновидностей и форм фитопланктонных водорослей, относящихся к 11 классам, 19 порядкам, 42 семействам, 74 родам из 7 отделов [6]. Известно, что среди водорослей фитопланк-

Таблица 2

Средние за 2010–2011 гг. значения пигментных показателей фитопланктона на разных горизонтах оз. Светлояр

Показатели	Хлорофилл <i>a</i> , мг/м ³				
	Поверх.	0,5 S	1 S	2 S	3S
Среднее	7,82	8,71	9,27	9,33	13,94
Ошибка средней	0,88	0,92	1,08	0,88	2,15
Максимум	20,05	24,17	24,29	18,82	24,97
Минимум	1,86	2,17	0,98	1,20	7,11
ИТС*	57,86	58,80	59,34	59,40	62,89
	Каротиноиды, мг/м ³				
Среднее	16,41	16,37	17,19	16,49	30,84
Ошибка средней	2,14	1,46	1,73	1,56	4,81
Максимум	59,36	32,40	35,60	40,80	46,40
Минимум	4,20	6,80	4,20	4,70	10,20

* Индекс трофического состояния [15]

Таблица 3

Многолетняя динамика прозрачности (Т) вод оз. Светлояр

Годы	1971	1974	1999	2000	2001	2002	2003	2010	2011
T _{med} , м	4,9	4,1	4,8	4,4	4,6	4,9	4,3	2,5	3,8
T _{min} , м	2,8	3,0	4,5	3,2	2,5	2,7	3,0	1,8	2,0
T _{max} , м	5,8	5,8	5,0	5,9	6,0	6,0	5,9	4,0	4,2

тона наибольшие количества хлорофилла и каротиноидных пигментов у синезелёных, значительно меньше пигментов содержат диатомовые и другие группы [13]. Визуально определяемое «цветение» воды в оз. Светлояр обнаруживалось в 2010 г., 2011 г. – менее напряженный в этом отношении.

Среднее соотношение между каротиноидами и *Хл a* за 2010 г. составило 2,1, за 2011 г. – 2,3. Разброс показателей – от 0,9 до 7,8 в первый год наблюдений и от 0,7 до 5,4 – во второй год наблюдений (рис. 1, табл. 2). Наиболее критическое отношение каротиноидов к хлорофиллу отмечалось на нижних из наблюдаемых горизонтах в конце июня – начале июля 2010 г., в тот период и на тех же глубинах водной массы, что и наибольшая концентрация желтых пигментов. На наш взгляд это свидетельство отмирания растительных клеток фитопланктона и начала их разложения. Как известно, старение растительных клеток приводит к увеличению соотношения каротиноиды/хлорофилл. Высокая активность метаболизма водорослей обычно характеризуется снижением этого соотношения [14]. Летние 2011 г. подъемы в содержании хлорофилла *a* не сопровождались чересчур высоким превышением каротиноидов над *Хл a*, что говорит о накоплении (присутствии) большого количества хлорофилла в клетках водорослей в тот период.

На основании концентрации *Хл a* произведена оценка трофического состояния вод оз. Светлояр по индексу трофического состояния [15]. Значения индекса находятся в пределах 58–63, т.е. на границе показателей мезотрофных и эвтрофных вод (табл. 2).

В сравнении с наблюдениями второй половины XX века и начала 2000-х годов в настоящий момент можно отметить повышение трофического статуса оз. Светлояр, сопровождающееся снижением прозрачности вод (табл. 3), и, по-видимому, ростом концентрации хлорофилла и других пигментов фитопланктона. Согласно глубине видимости диска Секки оз. Светлояр определён как мезотрофный водоём.

В динамике концентрации пигментов фитопланктона всех горизонтов эвфотического

слоя водной толщи хорошо видно два максимума – в июле и сентябре. Отмечена тенденция повышения концентрации *Хл а* от поверхности к нижним горизонтам трофогенного слоя (табл. 2), что может быть вызвано тем, что водоросли фитопланктона наиболее подходящие условия находят на умеренно освещенных горизонтах водной толщи. Заметим, что и в черноморском планктоне [13] наибольшие концентрации пигментов характерны для глубин порядка 10–20 м, за исключением начальных периодов вегетации водорослей, когда максимумы наблюдаются в приповерхностных слоях воды (25–45 см). Согласно [10] содержание *Хл а* в планктоне следует рассматривать как самостоятельный экологический показатель, отражающий скорее продукционные возможности фитопланктона, чем реализованную биомассу водорослей. Это в определённой мере объясняет несовпадение нашей оценки трофического статуса озера с оценкой [6], выполненной на основании уровня развития и структурных показателей фитопланктона.

Заключение

В ходе сезонного развития фитопланктона оз. Светлояр имеют место два пика концентрации хлорофилла *а* и каротиноидов, приходящиеся на середину лета и начало осени.

На основании среднего содержания хлорофилла *а* и его сезонной динамики оз. Светлояр может быть оценено как водоём, находящийся на стадии перехода от мезотрофии к эвтрофии.

Ключевые слова:

Озеро Светлояр,
трофический статус,
хлорофилл *а*,
каротиноиды,
сезоны

Преобладание каротиноидов над хлорофиллом *а*, наблюдающееся на всех горизонтах трофогенного слоя водной толщи и практически весь вегетационный период, свидетельствует о превышении процессов деструкции органического вещества над его синтезом.

Авторы благодарят сотрудника Природного парка «Воскресенское Поветлужье» Павла Николаевича Ананьева за своевременный отбор проб и их оперативную доставку в лабораторию.

Литература

1. Петрова М.А. Продукция планктонных ракообразных двух вторично-олиготрофных озер / М.А. Петрова., Т.С. Елагина., В.К. Спиридонов, Т.А. Филаткина // Гидробиол. журн. 1975. Т. 11. Вып. 1. С. 82–85.
2. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
3. Горленко В.М. Экология водных микроорганизмов / В.М. Горленко, Г.А. Дубинина, С.И. Кузнецов. М.: Наука, 1977. 288 с.
4. Вайнштейн М.Б. Распространение тионовых бактерий в озерах // Микробиологические и химические процессы в озерах. М.: Наука, 1979. С. 115–128.
5. Кузнецова М.А. Тенденции в изменениях структурных и функциональных характеристик зоопланктонного сообщества оз. Светлояр за тридцатилетний период (1972–2002 гг.) / М.А. Кузнецова, Н.Г. Баянов, Л.В. Баженова // Вестник Мордовского универ-



ситета. Серия «Биол. науки», 2010. № 1. С. 180–184.

6. Воденеева Е.Л. Фитопланктон озера Светлояр // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований». Вологда: ВГПУ, 2008. С. 26–27.

7. Баянов Н.Г. Гидрохимические показатели оз. Светлояр и их межсезонная динамика // Известия РГО. 2008. Вып. 2. С. 12–25.

8. Баянов Н.Г. Фитопланктон и продукционно-деструкционные процессы в озере Светлояр / Н.Г. Баянов, И.С. Макеев, Е.Л. Воденеева // Вестник Мордовского университета. Серия «Биол. науки». 2009. № 1. С. 218–229.

9. Сигарева Л.Е. Обзор исследований по растительным пигментам в водоемах верхневолжского бассейна // Состояние и проблемы продукционной гидробиологии. Сборник научных работ Международной конференции «Водная экология на заре XXI века», посвященной столетию со дня рождения Г.Г. Винберга. С.-Петербург, ЗИН, 2006. С. 47–59.

10. Сиделев С.И., Бабаназарова О.В. Анализ связей пигментных и структурных характе-

ристик фитопланктона высокоэвтрофного озера // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. Т. 1, № 2. 2008. С. 162–177.

11. ГОСТ 17.1.04.02.90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла «а». М.: Изд-во стандартов. 1990. 15 с.

12. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. Под ред. В.А. Абакумова. С.-Петербург: Гидрометеоиздат. 1992. 320 с.

13. Анцупова Л.В. Динамика пигментов планктона северо-западной части Черного моря. Автореферат дисс..... канд. биол. наук. Днепропетровск, 1973. 10 с.

14. Баллестер А. Физиологический круговорот различных пигментов фитопланктона и экологическое значение состава пигментов // Второй Межд. Океанографический конгресс. Тез. докл. М., Наука, 1966. С. 14.

15. Бульон В.В. Первичная продукция планктона и классификация озёр // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. Тр. ЗИН. Вып. 165, Л., Наука, 1987. С. 45–51.



V.V. Loginov, N.G. Bayanov, T.V. Krivdina

SEASONALITY IN CHLOROPHYLL A AND CAROTINOID DYNAMICS IN SVETLOYAR LAKE AND ITS TROPHIC STATUS

Seasonal dynamics was examined for chlorophyll a and carotenoids for various water depths in the Svetloyar Lake. There were two peaks of pigment biomass discovered corresponding to the middle of the summer and the autumn onset. Carotenoids dominating chlorophyll a indicate that the process of organic matter destruction develops at a higher rate than photosynthesis. On the average content of chlorophyll a the Svetloyar Lake can be classified as a water body that is currently in transit from the mesotrophic to the eutrophic state.

Key words: Lake Svetloyar, trophic status, chlorophyll a, carotenoids, seasonality