

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СЕСТОНА И ХЛОРОФИЛЛА В ПРУДАХ РЫБОВОДЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА «ВИЛЕЙКА»

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

*РУП «Институт рыбного хозяйства»,
220024, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Стебенева, 22,
e-mail: belniirh@tut.by*

**Белорусский государственный университет, г. Минск,
пр. Независимости, 4, 220030, Беларусь
sylimova_1991@mail.ru*

SEASONAL DYNAMICS OF SESTON AND CHLOROPHYLL CONTENT IN THE PONDS OF FISH BREEDING FARM «VILEIKA»

O.S. Smolskaya, A.A. Zhukova, B.V. Adamovic**

*RUE "Fish industry institute",
220024, Stebeneva str., 22, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: belniirh@tut.by*

**Belarusian State University, Minsk, Ave Nezavisimosti, 4, 220030, Belarus,
sylimova_1991@mail.ru*

Резюме. На протяжении вегетационного сезона 2015 г. была проведена оценка содержания сестона и хлорофилла в 10 прудах рыбноводческого хозяйства «Вилейка». Сопоставлена сезонная динамика изученных показателей, рассчитано удельное содержание хлорофилла в сестоне и доля феопигментов в суммарном форбине. Выявлена линейная зависимость рыбопродуктивности от среднесезонного содержания сестона в воде исследованных прудов.

Ключевые слова: рыбноводческие пруды, сестон, хлорофилл, феопигменты, сезонная динамика.

Abstract. During 2015' vegetation season there was assessed seston and chlorophyll content in 10 ponds of fish breeding farm "Vileiyka". There was compared the seasonal dynamics of the parameters investigated, calculated chlorophyll specific content in seston and share of pheopigments in the aggregated forbin. There was discovered the linear dependence of fish productivity upon medium seasonal seston content in the water of the ponds explored.

Key words: Fish farming ponds, seston, chlorophyll, pheopigments, seasonal dynamic.

Введение

Одним из основных богатств Беларуси является большое количество водных объектов. Актуальной задачей нашего времени является сохранение

природно-ресурсных возможностей водных объектов Беларуси и оперативная оценка их текущего экологического состояния.

Комплексное использование водных ресурсов внутренних водоемов и водотоков, бурное развитие промышленности и сельского хозяйства приводят к загрязнению большинства водных экосистем и способствуют сокращению пресноводного стока. При этом происходит изменение гидрохимического и санитарно-гигиенического режимов, нарушается структура биологических сообществ, изменяется степень эвтрофирования. Поступление аллохтонных органических веществ с водосборного бассейна, особенно с высоким содержанием биогенных элементов, стимулирует развитие первичных продуцентов водных экосистем, в первую очередь фитопланктона. В то же время, отклик экосистемы в виде увеличения первичной продукции в толще воды, может приводить к тому, что сам фитопланктон становится причиной вторичного органического загрязнения [3].

Из всех областей народного хозяйства рыбохозяйственная деятельность наиболее тесно связана с проблемой качества поверхностных вод. Повышение продуктивности прудов осуществляется за счет интенсификационных мероприятий, инициируемых человеком, т.е. дополнительной энергии, которая вносится с кормом для рыб и удобрениями [1]. При этом, для оценки состояния водных объектов в гидробиологической практике широко применяют такие показатели, как содержание взвешенного в воде вещества (сестона) и хлорофилла.

Концентрация сестона – взвешенных неорганических и органических частиц, а также обитающих в толще воды мелких организмов – влияет на прозрачность и на проникновение света, температурный режим, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ и скорость осадкообразования [4]. Кроме того, сестон может являться одним из основных компонентов, превышающим ПДК для сбросных вод рыбоводческих хозяйств [2].

Содержание основного пигмента зеленых растений хлорофилла-*a* считается универсальным эколого-физиологическим показателем состояния фитопланктона [6]. Концентрация хлорофилла в воде положена в основу шкал, разработанных для оценки трофического статуса водоемов и их экологического качества [5]. Также хлорофилл является мерой биомассы водорослей, что широко используется для оценки обилия фитопланктона, который также зачастую является важной компонентой в составе сестона [7].

Актуальность исследования содержания сестона и хлорофилла в прудах рыбоводческого хозяйства «Вилейка» заключается, во-первых, в том, что приведенные характеристики являются интегрированными показателями качества воды; во-вторых, оперативность и удобство определения данных показателей позволяют достаточно легко и быстро оценить степень развития фитопланктона и косвенно судить о его биологической продуктивности. Кроме того, так как концентрация кислорода в воде прудов напрямую связана с уровнем развития фитопланктона, благодаря своевременному анализу можно прогнозировать заморы рыбы, различные болезни и т.д.

Цель данной работы: оценить содержание взвешенных веществ и хлорофилла-*a* в воде прудов рыбоводческого хозяйства «Вилейка» в разные периоды вегетационного сезона.

Материалы и методы

Рыбоводческие пруды рыбоводческого хозяйства «Вилейка» заполняются весной водой р. Смердия (правый приток р. Виляя) или, при недостатке воды в реке, водой из р. Виляя. Сброс воды осуществляется в р. Смердия, русло которой практически на всем протяжении канализовано. Исследования проводили на 10 прудах рыбхоза: пруды 21–28 площадью 0,24 га, пруд 3-5 площадью 0,5 га и пруд 3-6 площадью 0,6 га. В начале сезона вегетации 2015 г. каждый из исследованных прудов рыбоводческого хозяйства «Вилейка» был зарыблен карпом с плотностью посадки 1000 тыс./га и средней массой 130 г, а также белым амуром с плотностью посадки 150 тыс./га и средней массой 200 г.

В конце сезона 2015 г. сотрудниками РУП «Институт рыбного хозяйства» проведен учет выхода рыбопродукции на прудах.

Отбор проб воды проводили с интервалом 2-3 недели с апреля по сентябрь 2015 г., что позволило отследить сезонную динамику содержания взвешенных веществ и хлорофилла в воде прудов рыбоводческого хозяйства. Воду отбирали в чистые сосуды с глубины 0,25–0,5 м от поверхности воды и не менее 10–15 см от дна, не допуская взмучивания грунта. Перед взятием проб сосуд два-три раза ополаскивали водой из исследуемого водоема. В пробах воды определяли следующие показатели: взвешенное вещество (сухая масса, мг/л); содержание хлорофилла (мкг/л); удельное содержание феопигментов в суммарном форбине (%); доля хлорофилла в сестоне (% в сухой массе). Всего за период исследований было собрано и обработано 100 проб воды.

После отбора пробы и ее доставки в лабораторию незамедлительно приступали к обработке. Определения содержания взвешенных веществ и хлорофилла проводили в 3 повторностях для каждой станции. Взвешенные в воде вещества осаждали на ядерные фильтры с диаметром пор 1 мкм под вакуумом (до -0,4 атм). Затем часть фильтров высушивали до постоянной массы при 60 °С для определения сестона, часть переносили в пробирки, залив небольшим слоем 90%-ного ацетона для последующего определения хлорофилла-*a*. Для более полного экстрагирования пигментов пробы выдерживали в темном прохладном месте 8–24 часа, а затем растирали [8]. Полученный экстракт очищали, профильтровывая через мембранный фильтр с диаметром пор 0,2 мкм. Очищенный экстракт переносили в стеклянные мерные пробирки, которые либо обрабатывали сразу, либо в течение нескольких часов до проведения анализа хранили закрытыми притертыми пробками в прохладном защищенном от света месте. Для оценки хлорофилла применяли стандартный спектрофотометрический метода определения в ацетоновых экстрактах [10] с учетом вклада феопигментов [11]. Работу проводили на спектрофотометре *Cary 50 Scan*.

При статистической обработке данных использовали программные пакеты *Microsoft Excel* и *Statistica 8.0*.

Результаты исследований и обсуждение

Проведенные исследования позволили проследить сезонную динамику содержания сестона и хлорофилла-*a* в прудах рыбоводческого хозяйства «Вилейка» на протяжении периода вегетации в 2015 г. На рисунках 1-2 приведены усредненные значения сестона и хлорофилла для проб, отобранных в весенний, летний и осенний периоды.

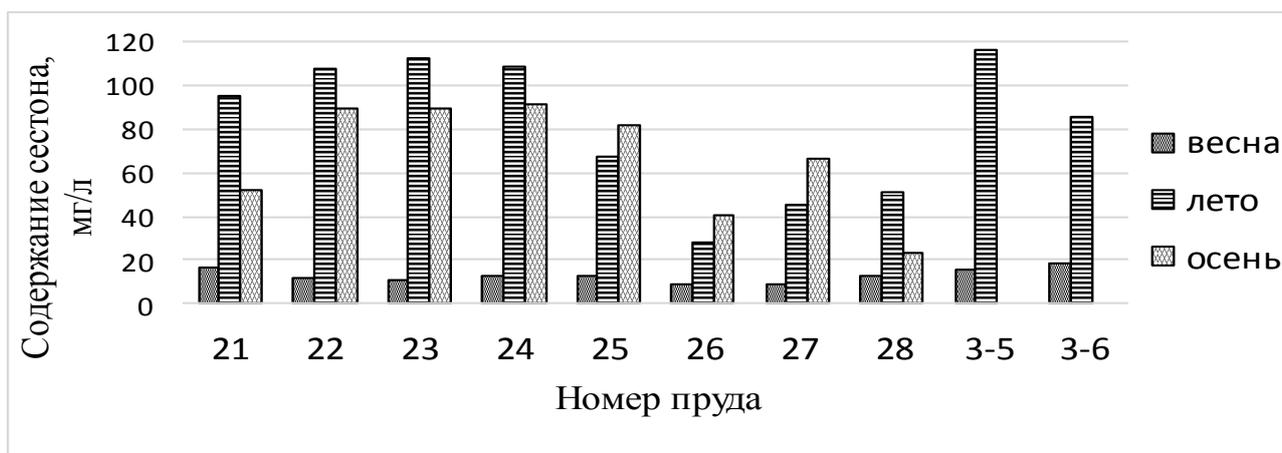


Рисунок 1. – Содержание сестона в прудах рыбхоза «Вилейка» в 2015 г.

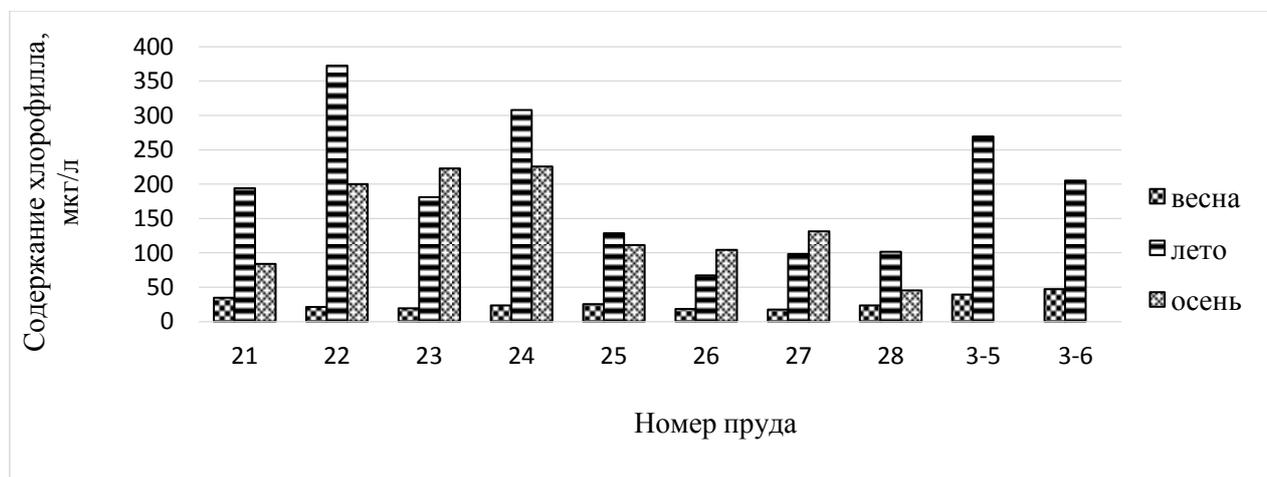


Рисунок 2. – Содержание хлорофилла в прудах рыбхоза «Вилейка» в 2015 г.

Во всех исследованных прудах минимальное значение содержания сестона приходится на весенний период, при колебаниях от 9 до 18 мг/л. Максимальное содержание сестона наблюдалось на большинстве прудов летом и достигало 90–115 мг/л. К осени в некоторых прудах (21–24, 28) содержание сестона

снижалось, в трех (25–27), напротив, несколько повышалось. В прудах 3-5 и 3-6 осенние сборы не проводили. Как и в случае с сестоном, на всех исследованных прудах минимальное значение содержания хлорофилла приходится на весенний период – от 17 мкг/л до 47 мкг/л. Максимальные значения хлорофилла в воде большинства прудов наблюдали летом – 150–379 мкг/л. К осени содержание сестона в прудах в прудах 23, 26, 27 повышается, а в остальных – снижается.

На отдельных прудах (22, 24–26) с интервалом примерно в три недели была прослежена сезонная динамика содержания сестона и хлорофилла (рисунки 3–4).

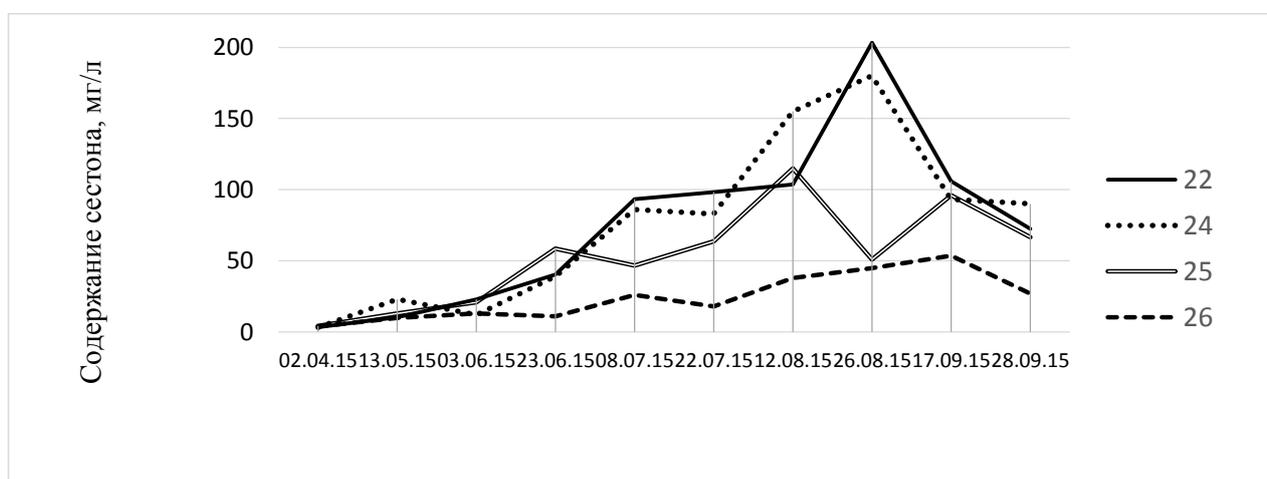


Рисунок 3. – Содержание сестона, мг/л в прудах р\х «Вилейка» за 2015г.

Как видно из рисунка 3, пруды значительно различались по сезонному ходу содержания сестона в воде. Можно отметить, что на прудах 22, 24 сезонные кривые носили похожий характер: с апреля идет постепенное увеличение сестона и достигает максимального значения в конце августа, к середине сентября содержание сестона падает почти в два раза. Наименьший диапазон колебаний по исследованному показателю на всем протяжении сезона прослеживается в пруду 26, при этом сохраняется общий ход динамики и одновершинность кривой. На пруду 25, в отличие от других вариантов, сезонный ход содержания сестона нетипичен: наблюдается несколько небольших пиков при среднем уровне содержания взвешенных веществ в ряду приведенных на графике прудов.

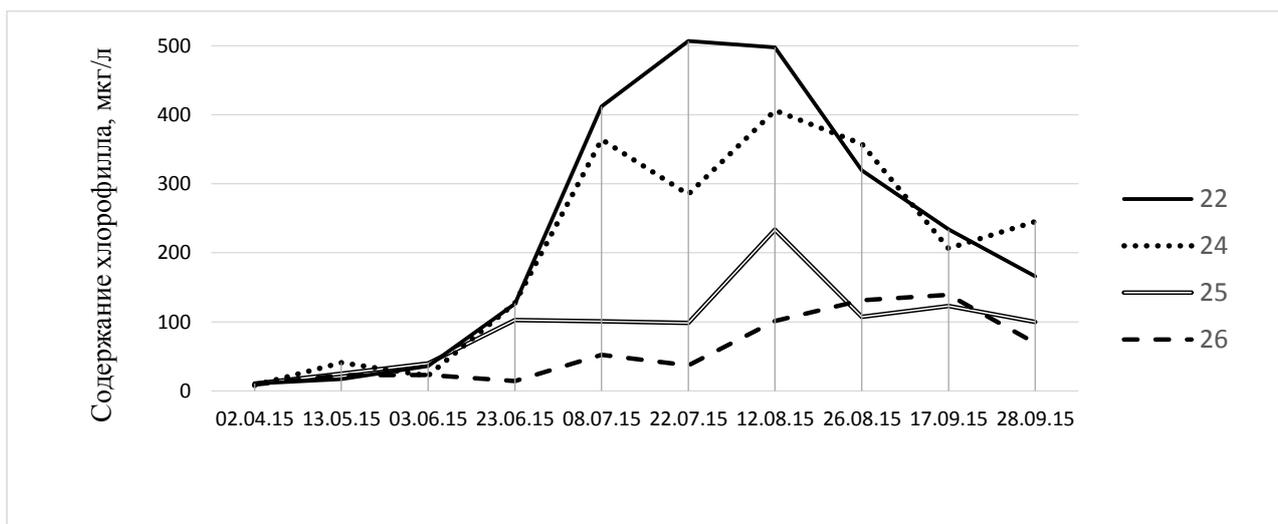


Рисунок 4. – Содержание хлорофилла, мкг/л в прудах р\х «Вилейка» за 2015 г.

По содержанию хлорофилла в прудах наблюдалась схожая динамика с содержанием сестона. На прудах 22 и 24 прослеживается резкое увеличение содержания хлорофилла до первой половины июля, затем высокие значения сохранялись на протяжении 1,5-2 месяцев и наблюдался быстрый спад. На пруду 26 содержание хлорофилла, как и в случае с сестоном, показало значения меньше, чем других исследованных прудах, при этом кривые сезонного хода двух показателей были идентичными. На пруду 25, в сравнении с сестоном, по содержанию хлорофилла наблюдается более сглаженный сезонный ход с одним пиком в середине августа.

Показано, что в целом удельное содержание хлорофилла в сестоне оказалось стабильным показателем и колебалось в пределах 0,20–0,25 %, за исключением двух более высоких летних значений (до 0,38 %) и нескольких более низких летних и осенних данных (до 0,14 %). В целом, полученные значения удельного содержания хлорофилла в сестоне соответствовали таковым для природных водоемов Беларуси [7] и оказались несколько ниже, чем в предыдущие годы исследований на прудах рыбхоза «Вилейка» [9].

Рассчитанные значения удельного содержания хлорофилла в сестоне в исследованных прудах приведены на рисунке 5.

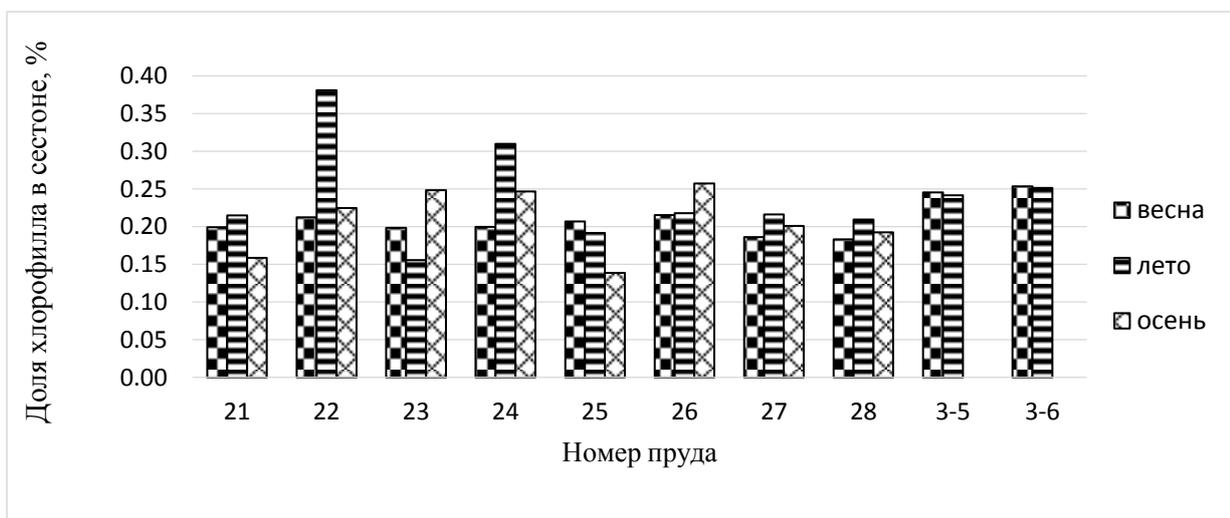


Рисунок 5. – Удельное содержание хлорофилла в сестоне, % в прудах р\х «Вилейка» за 2015 г.

В прудах наряду с концентрацией хлорофилла определяли удельное содержание феопигментов в общем форбине (рисунок 6).

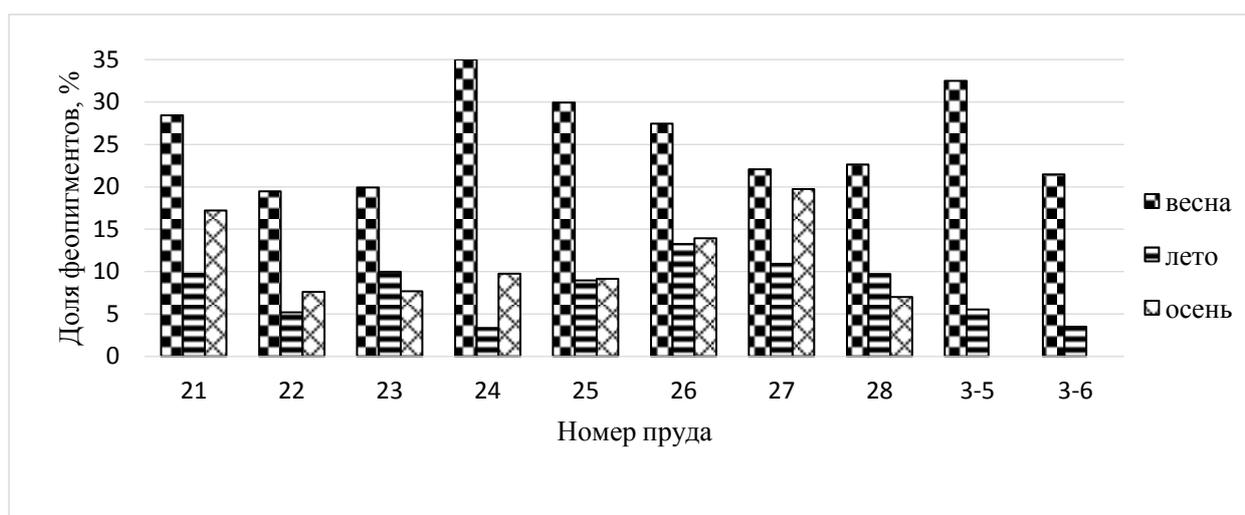


Рисунок 6. – Доля феопигментов в общем форбине в прудах рыбхоза «Вилейка» в 2015 г.

Заметно, что доля феопигментов на протяжении вегетационного сезона существенно варьирует, достигая максимальных значений во всех прудах весной. К лету во всех прудах наблюдалось уменьшение доли феопигментов в несколько раз, к осени в некоторых прудах удельное содержание феопигментов вновь увеличивалось. В целом, содержание феопигментов в летне-осеннее время не превышало 20 %, что свидетельствует о хорошем физиологическом состоянии и активном развитии планктонных водорослей (в живых клетках водорослей в основном содержится хлорофилл-а, который в мертвых клетках

быстро разлагается до феофитина). Весной в составе сестона в прудах присутствует прошлогодний разлагающийся растительный детрит, что и приводит к существенно более высоким величинам удельного содержания феопигментов.

Рассчитанные значения зависимости рыбопродуктивности от среднесезонного содержания сестона в исследованных прудах приведены на рисунке 7.

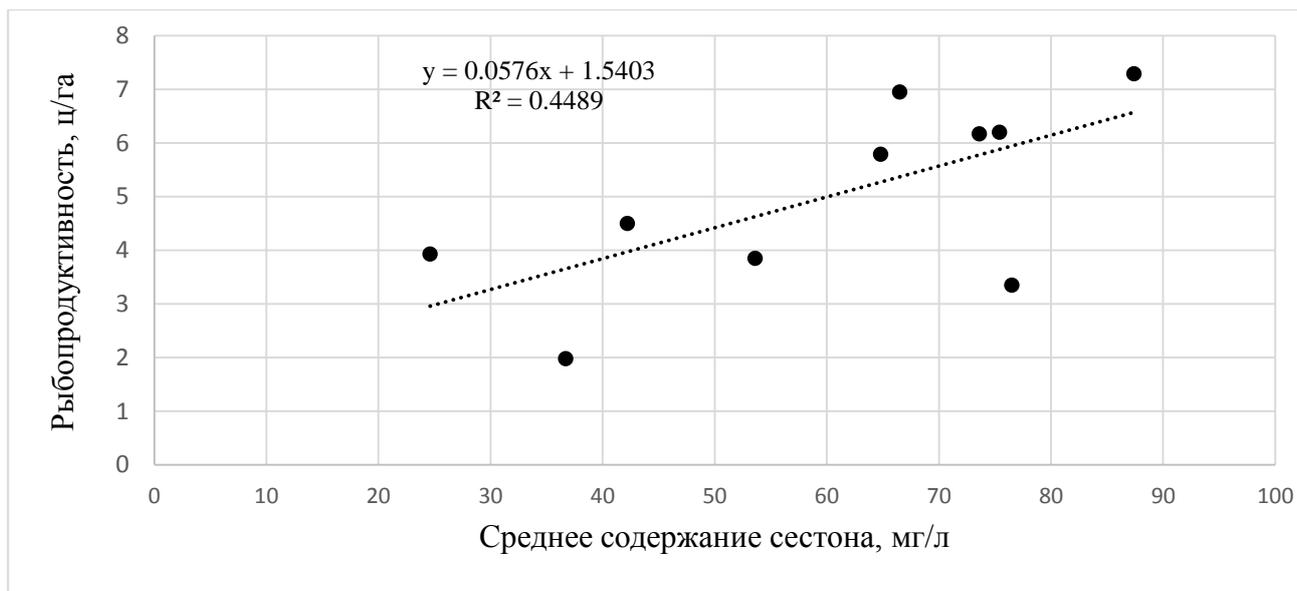


Рисунок 7. – Связь рыбопродуктивности и среднесезонного содержания сестона в прудах рыбхоза «Вилейка» в 2015 г.

Можно сказать, что для данных показателей прослеживается прямая линейная зависимость. Из приведенного графика следует, что $R^2 = 0,45$, что говорит о не сильной взаимосвязи содержания сестона и рыбопродуктивности. Однако, если из расчетов убрать выбивающееся из общей тенденции значение для пруда 24, то величина R^2 резко возрастает до 0,72 и в таком случае характеризует связь, как тесную.

Также мы попытались выявить связь рыбопродуктивности и среднесезонного содержания хлорофилла в исследованных прудах (рисунок 8), и сравнить какой из этих двух показателей (сестон или хлорофилл) показывает лучший результат для оценки кормовой базы рыб.

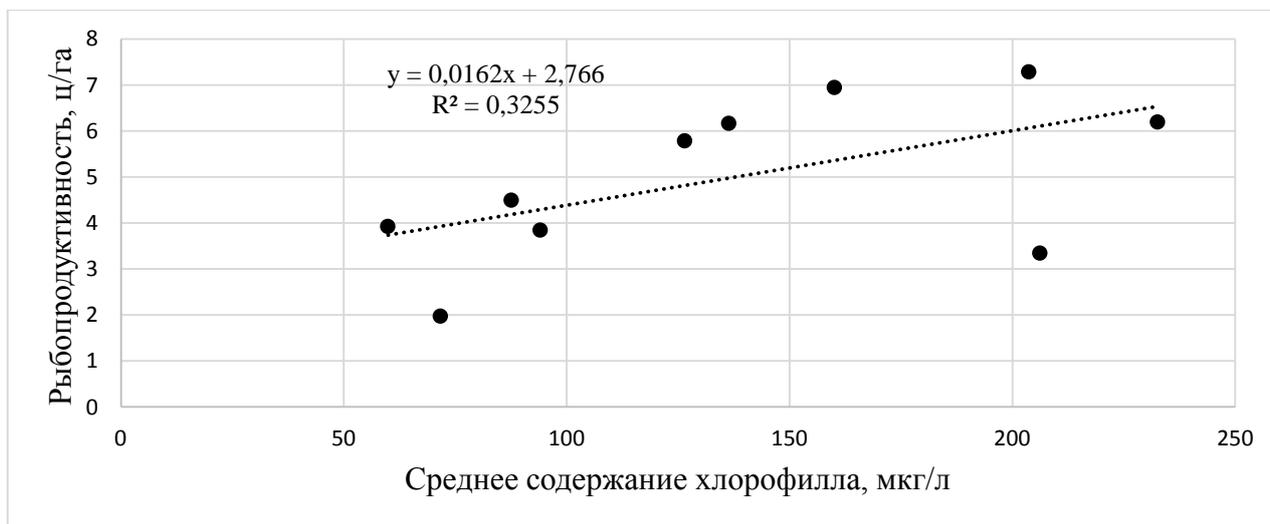


Рисунок 8. – Связь рыбопродуктивности и среднесезонного содержания хлорофилла в прудах рыбхоза «Вилейка» в 2015 г.

Как следует из рисунка, для хлорофилла также прослеживается прямая линейная связь с рыбопродуктивностью, как и в случае с содержанием сестона. Однако значения коэффициента аппроксимации R^2 существенно ниже (0,33) по сравнению с сестоном и свидетельствует о слабой силе связи. Если из расчетов, как и в предыдущем случае, убрать значения пруда 24, то значение R^2 значительно не изменится.

Таким образом, для общей характеристики кормовой базы, а, следовательно, рыбопродуктивности прудов значения сестона оказались более показательными в сравнении с данными о содержании хлорофилла.

Заключение

Нормальные условия для обитания, размножения и питания гидробионтов определяются качеством среды обитания, поэтому важно проводить постоянный анализ воды, особенно в прудах. Сестон и хлорофилл являются удобными показателями, которые можно определить достаточно оперативно и точно, что позволяет легко и быстро оценить степень развития фитопланктона.

Так как в рыбоводных прудах Беларуси в настоящее время не проводят оценку показателей сестона и хлорофилла, весьма актуальна разработка и внедрение соответствующих методов в практику путем адаптации общепринятых гидробиологических методов. Кроме всего, не стоит забывать, что рыбоводные пруды представляют собой нетипичные полуестественные

водоемы, имеющие свои специфические особенности, поэтому, выявленные на природных водоемах закономерности не всегда прослеживаются на прудах рыбоводческих хозяйств.

На основании анализа полученных нами данных, можно сделать вывод о том, что диапазон данных по содержанию сестону и хлорофиллу существенно различается в разных прудах. Так, содержание сестона в прудах колебалось от 10 мг/л до 114 мг/л, составив в среднем для вегетационного сезона 2015 г. 50 мг/л. Содержание хлорофилла в прудах изменялось в пределах 25–370 мкг/л, среднее значение составило 100 мкг/л.

Рассчитанная доля хлорофилла в сестоне колебалась в небольших пределах – от 0,15 до 0,25 % и не зависела от сезона года. Доля феопигментов в суммарном форбине, напротив, значительно варьировала как в отдельных прудах, так и разные сезоны. В летне-осенний период удельное содержание феопигментов не превышало 20%, что свидетельствует о благоприятных условиях для развития и активном состоянии фитопланктона в прудах.

Предпринята попытка выявить связь содержания сестона и хлорофилла и рыбопродуктивности. Как показали результаты, более четко связь прослеживается между среднесезонным содержанием сестона и рыбопродуктивностью, что позволяет использовать этот показатель для оценки кормовой базы рыб в прудах.

Список использованных источников

1. Адамович, Б. В. Структура и сезонная динамика развития фитопланктона рыбоводческих прудов и связанных с ними водотоков / Б. В. Адамович, А. А. Жукова // Тезисы VII Международной научно-практической конференции «PontusEuxinus – 2011», посвященной 140-летию Института биологии южных морей Национальной академии наук Украины (24–27 мая 2011 г.) – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С.20–22.

2. Адамович, Б. В. Фитопланктон рыбоводческих прудов Беларуси необходимость создания единой базы данных / Б. В. Адамович, А. М. Лях // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сборник научных трудов.

Республиканское унитарное предприятие "Институт рыбного хозяйства Национальной академии наук Беларуси". – Минск, 2011. – Вып. 27. – С. 203–210.

3. Винберг, Г. Г. Первичная продукция водоемов / Г. Г. Винберг. – Мн., 1979. – С.187–269.

4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т. В. Гусева [и др.]; под общ. ред. Т. В. Гусевой – М.: Эколайн, 1999. – С. 19–49.

5. Елизарова, В. А. Хлорофилл как показатель биомассы фитопланктона / В. А. Елизарова // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов: сб. науч. тр. / СПб: Гидрометеоздат; под ред. И.Л. Пыриной – СПб, 1993. – С. 126–129.

6. Минеева, Н. М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ / Н. М. Минеева. – М.:Наука, 2004. – С.5–12, 91–115.

7. Михеева, Т. М. Оценка продукционных возможностей единицы биомассы фитопланктона / Т. М. Михеева // Биологическая продуктивность эвтрофного озера / Под ред. Г. Г. Винберга. М: Наука, 1970. – С. 50–70.

8. Сигарева, Л. Е. О влиянии характера механического разрушения фитопланктона на степень экстрагирования его пигментов / Л. Е. Сигарева // Биология внутренних вод: Информ. бюл. № 24. – Л.: Наука, 1974. – С. 8 – 11.

9. Смольская О.С. Содержание хлорофилла в биомассе фитопланктона рыбоводческих прудов и связанных с ними водотоков / О.С. Смольская, А.А. Жукова // Материалы XIX Международной научно-практической конференции «Экология. Человек. Общество» (12-13 мая, 2016 г., г. Киев) – Киев: НТУУ «КПИ», 2016. – С. 51–52.

10. Lorenzen, C. J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations / C. J. Lorenzen // *Limnol. Oceanogr.*, 1967. – V. 12. – P. 343–346.

11. SCOR-UNESCO Working group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea-water // *Monographs on Oceanologic Methodology*. – UNESCO, Paris, 1966. – P. 9–18.