

МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ И ТЕНДЕНЦИЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПЛАНКТОНА В ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Ю.С.Даценко¹⁾, В.В.Пуклаков¹⁾

*¹⁾Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
г.Москва, Россия, e-mail: yuri0548@mail.ru*

Представлены результаты анализа многолетних рядов первичной продукции Можайского водохранилища, полученные путем расчетов по квазидвумерной гидроэкологической модели водохранилища. Показано, что для развития фитопланктона в вегетационный период важную роль наряду с внешней фосфорной нагрузкой играет внутренняя биогенная нагрузка. Внешняя азотная нагрузка с продуктивностью водохранилища не коррелирует. Анализируются пространственные изменения тесноты связей внешней и внутренней нагрузки с первичной продуктивностью. Установлены многолетние тенденции увеличения величины чистой первичной продукции и снижения П/Б коэффициента, подтверждающие прогрессирующее эвтрофирование водохранилища

Ключевые слова. первичная продукция; Можайское водохранилище; внешняя биогенная нагрузка; внутренняя биогенная нагрузка; П/Б коэффициент.

MODEL ASSESSMENT OF FACTORS AND TRENDS OF PRIMARY PLANKTON PRODUCTION IN A STRATIFIED RESERVOIR

Yu.S.Datsenko¹⁾, V.V.Puklakov¹⁾

*¹⁾Lomonosov Moscow State Univetrstity, Moscow, Russia, e-mail:
yuri0548@mail.ru*

The results of the analysis of the long-term series of primary production in the Mozhaisk reservoir, obtained by calculations using a quasi-two-dimensional hydroecological model of the reservoir, are presented. It is shown that the internal biogenic load plays an important role for the development of phytoplankton during the growing season, along with the external phosphorus load. The external nitrogen load does not correlate with the reservoir productivity. Spatial changes in the degree of the connections external and internal load with primary productivity are analyzed. Long-term trends of increasing the value of net primary production and decreasing the P/B coefficient have been established, confirming the progressive eutrophication of the reservoir

Keywords. Primary production; Mozhaisk reservoir; external biogenic load; internal biogenic load; P/B coefficient.

Первичная продукция фитопланктона, под которой понимается количество органического вещества, образованного в единицу времени в про-

цессе фотосинтеза автотрофными организмами, является основанием трофической пирамиды во всех открытых экосистемах. Поэтому данные по первичной продукции широко используются при исследовании процессов эвтрофирования водоемов и формирования качества вод. Процесс первичного продуцирования контролируется большим количеством абиотических и биотических факторов, действующих одновременно, поэтому часто крайне затруднительно выделить доминирующий фактор и оценить степень влияния каждого из них. Определенный результат может быть достигнут путем анализа многолетних рядов продукционных характеристик, но подобные регулярные наблюдения за первичной продукцией и факторами ее определяющими крайне редки. Такие ряды могут быть получены путем моделирования этого процесса по гидроэкологической модели водоема, учитывающей особенности гидрологического и гидрохимического режимов, биогенную нагрузку и внутриводоемные процессы трансформации органического вещества. В настоящей работе для анализа многолетних колебаний первичной продукции фитопланктона типичного стратифицированного слабообменного Можайского водохранилища использовалась гидрологическая модель водохранилища ГМВ-МГУ, неоднократно верифицированная по данным гидробиологических и гидрохимических наблюдений на этом водохранилище. Достаточно подробное описание структуры и расчетных алгоритмов модели представлено в монографии [1].

Первичная продукция по этой двумерной боксовой модели рассчитывалась по ежесуточному приросту биомассы фитопланктона в отдельных участках водохранилища, выделенных с учетом особенностей ложа и их проточности, в зависимости от ежедневно меняющихся погодных условий, притока воды с водосбора и ее сброса в нижний бьеф гидроузла.

В результате расчетов за весь период эксплуатации Можайского гидроузла были получены 62-летние ряды значений суточной и годовой чистой первичной продукции, которые сопоставлялись с рядами факторов развития фитопланктона за эти же годы. Ранее по таким же рядам были проанализированы основные гидрологические факторы и были установлены некоторые закономерности колебаний биомассы фитопланктона [2]. В настоящей работе акцент в анализе многолетних рядов был сделан на оценку роли факторов биогенного питания водорослей в формировании первичной продукции. Годовые величины первичной продукции сопоставлялись с многолетними изменениями суммарной внешней и внутренней биогенной нагрузки водохранилища азотом и фосфором за весь год и за вегетационный период для всего водохранилища и отдельных его частей. Полученные значения линейной корреляции для всего водохранилища представлены в табл. 1.

Анализ этих связей позволяет сделать определенные выводы о влиянии гидрохимических факторов на продукционные процессы в водохранилище. Внешняя азотная нагрузка не оказывает влияние на первичную продуктивность, что указывает на явное преобладание фосфорного лимитирования развития фитопланктона в Можайском водохранилище. При этом внутренняя азотная нагрузка оказывает влияние на продуктивность водоема. Внешняя фосфорная нагрузка в течение всего года более тесно связана с развитием фитопланктона, чем сезонная. Поступление фосфатов в водоем в течение зимнего периода способствует их накоплению в водохранилище, поэтому суммарная внешняя фосфорная нагрузка в течение всего года более тесно связана с первичной продукцией, чем сезонная. Внутренняя биогенная нагрузка в Можайском водохранилище играет существенную роль в процессах первичного продуцирования органического вещества.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции связей годовой чистой первичной продукции с биогенной нагрузкой Можайского водохранилища

Внешняя годовая фосфорная нагрузка на весь водоем, т	Внутренняя годовая фосфорная нагрузка на весь водоем, т	Внешняя фосфорная нагрузка на весь водоем за вегетационный период, т	Внутренняя фосфорная нагрузка на весь водоем за вегетационный период, т
0.48	0.53	0.35	0.55
Внешняя азотная нагрузка на весь водоем за вегетационный период, т	Внутренняя годовая азотная нагрузка на весь водоем, т	Внешняя азотная нагрузка на весь водоем за вегетационный период, т	Внутренняя азотная нагрузка на весь водоем за вегетационный период, т
0.20	0.52	0.03	0.53

Примечание. Жирным шрифтом выделены коэффициенты, статистически значимые при 5 %-ном уровне значимости по критерию Стьюдента.

В гидрологическом отношении глубокие долинные водохранилища, к которым относится Можайское, характеризуются сложной структурой водных масс, что обуславливает формирование в них зон с различной продуктивностью и, соответственно, трофностью. Для анализа пространственной неоднородности первичной продукции были рассчитаны многолетние изменения чистой первичной продукции в различных приблизительно одинаковых по длине участках вдоль водохранилища: верхнем, центральном и нижнем (приплотинном). Результаты расчета коэффициентов корреляции величин чистой первичной продукции в этих участках и фосфорной биогенной нагрузкой представлены в табл. 2.

Теснота рассматриваемых связей закономерно снижается от верхнего участка к прилотинному для внешней нагрузки и наоборот от прилотинного к верхнему для внутренней. Первичная продуктивность верховьев водохранилища в большей степени зависит от поступления вод его главных притоков в верхний участок водохранилища, а внутренняя биогенная нагрузка в виде диффузионного потока из донных отложений в этой относительно мелководной части водоема малозначима. В глубоком прилотинном плесе значение внутренней нагрузки заметно возрастает, а роль внешней нагрузки снижается.

Наличие рядов продуктивности предоставляет возможность проанализировать многолетние изменения трофического состояния Можайского водохранилища и выявить тенденции изменений, происходящих с его экосистемой. Представленные на рис. 1 колебания годовой продукции водохранилища показывают наличие определенной тенденции продуктивности водоема, свидетельствующей о его прогрессивном эвтрофировании.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции связей чистой первичной продукции с фосфорной нагрузкой в различных участках водохранилища

Внешняя годовая фосфорная нагрузка – чистая первичная продукция в верхнем участке	Внешняя годовая фосфорная нагрузка – чистая первичная продукция в центральном участке	Внешняя годовая фосфорная нагрузка – чистая первичная продукция в прилотинном участке	Внутренняя годовая фосфорная нагрузка – чистая первичная продукция в верхнем участке	Внутренняя годовая фосфорная нагрузка – чистая первичная продукция в центральном участке	Внутренняя годовая фосфорная нагрузка – чистая первичная продукция в прилотинном участке
0.64	0.49	0.38	0.20	0.36	0.65

Примечание. Жирным шрифтом выделены коэффициенты, статистически значимые при 5%-ном уровне значимости по критерию Стьюдента.

В гидробиологии процесс многолетнего развития экосистемы водоема обычно рассматривается как процесс упорядочения структуры и функционирования экосистемы со сдвигом потока энергии в сторону увеличения ее количества, направленного на поддержание системы. В этом случае наблюдается снижение количества энергии, расходуемой на единицу биомассы, которое характеризуется отношением первичной продукции к биомассе [3]. Для подтверждения этого положения нами рассчитаны значения П/Б коэффициента для годовой первичной продукции Можайского водохранилищ (рис. 2)

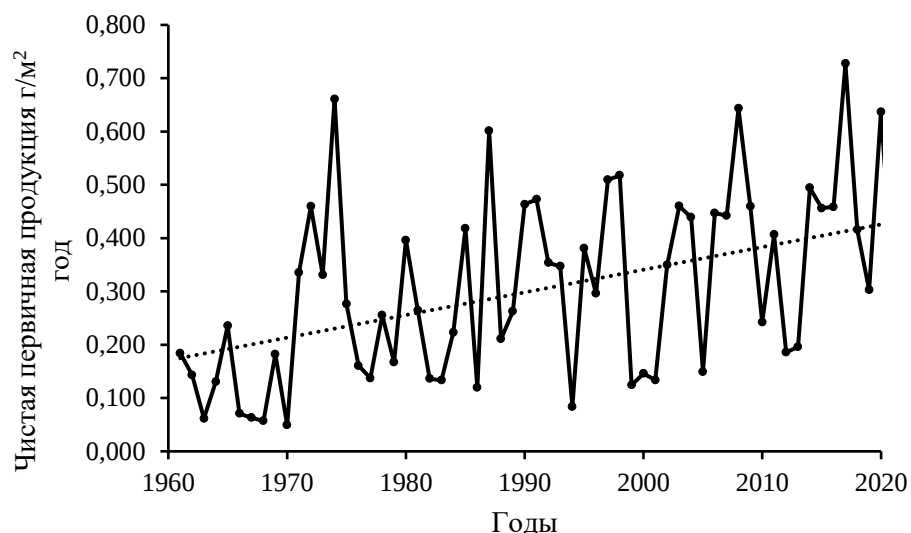


Рис. 1. Многолетние изменения годовой чистой первичной продукции Можайского водохранилища

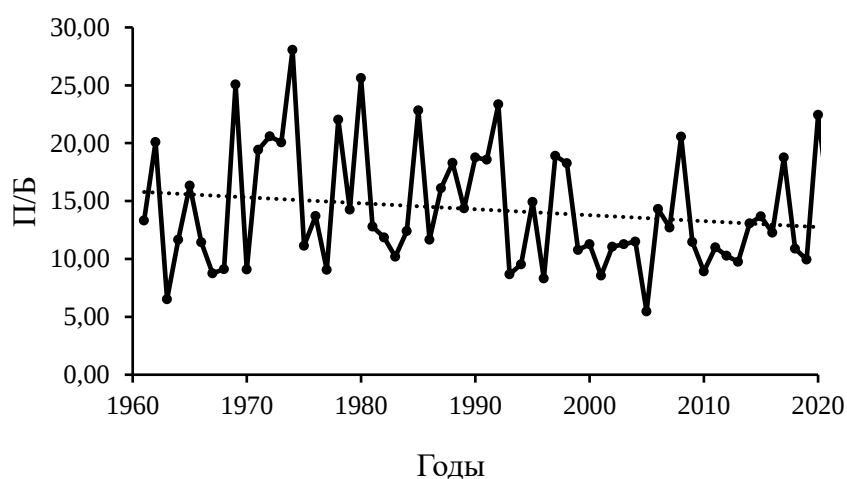


Рис. 2. Многолетние изменения П/Б коэффициента фитопланктона Можайского водохранилища

Результаты расчетов показывают наличие хотя и слабой, но отчетливо выраженной тенденции снижения значений этого коэффициента за многолетний период. Это свидетельствует о том, что с течением времени в Можайском водохранилище происходит снижение интенсивности фотосинтеза на единицу хлорофилла, соответственно повышается эффективность использования солнечной энергии и эффективность использования биогенных веществ. Увеличение продуктивности приводит к ухудшению качества воды при вспышках цветения фитопланктона в летний период.

Библиографические ссылки

1. Гидроэкологический режим водохранилищ Подмосковья (наблюдения, диагноз, прогноз) Москва: Перо; 2015. 286 с.
2. Даценко Ю.С., Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К. Анализ влияния абиотических факторов на развитие фитопланктона в малопроточном стратифицированном водохранилище. Труды Карельского научного центра РАН. Серия: Лимнология. 2017 №10. С.75-85.
3. Минеева Н.М. Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги. Ярославль: Принтхаус; 2009. 278 с.