

26. *Holien H.* The lichen flora on *Picea abies* in a suboceanic spruce forest area in central Norway with emphasis on the relationship to site and stand parameters // *Nord. J. Bot.* – 1997. – Vol. 17. – P. 55–76.
27. *Lang G.E., Reiners W.A., Heier R.K.* Potential alteration of precipitation chemistry by epiphytic lichens // *Oecologia.* – 1976. – Vol. 25. – P. 229–241.
28. *Lawrey J.D.* Nutritional ecology of lichen/moss arthropods // *Nutritional Ecology of Insects, Mites, and Spiders.* – 1987. – P. 209–233.
29. *Lehmkuhl J.F.* Epiphytic lichen diversity and biomass low-elevation forests of the eastern Washington Cascade range, USA // *Forest Ecology and Management.* – 2004. – Vol. 187. – P. 381–392.
30. *McCune B.* Gradients in epiphyte biomass in three *Pseudotsuga-Tsuga* forests of different ages in western Oregon and Washington // *Bryologist.* – 1993. – Vol. 96. – P. 405–411.
31. *McCune B.* Using Epiphyte Litter to Estimate Epiphyte Biomass // *The Bryologist.* – 1994. – Vol. 97. – № 4. – P. 396–401.
32. *Nadkarni N.M.* Biomass and mineral capital of epiphytes in an *Acer macrophyllum* community of a temperate moist coniferous forest, Olympic Peninsula, Washington State // *Can. J. Bot.* – 1984. – Vol. 62. – P. 2223–2228.
33. *Pike L.H.* The importance of epiphytic lichens in mineral cycling // *The Bryologist.* – 1978. – Vol. 81. – P. 247–257.
34. *Scotter G.W.* Lichens of northern Saskatchewan // *Ibid.* – 1961. – Vol. 64. – P. 240–247.



УДК 639.31.574.55

*Д.К. Кожаева, С.С. Казанчев, Л.А. Казанчева,
А.А. Мирзоева, Е.А. Казанчева, А.В. Лабазанов, Б.Б. Тхазеплов*

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ВОДОЕМОВ

В статье изложены данные многолетних исследований динамики численности и биомассы фитопланктона. Установлено, что величина численности и соотношений эколого-трофических групп фитопланктона зависит от природных и антропогенных факторов, среди которых существенное значение имеют увеличение плотности посадки аквакультуры и внесение искусственной трофи.

Ключевые слова: фитопланктон, биомасса фитопланктона, минеральные удобрения, гидробионты, трофи, диатомеи, водоросли.

*D.K. Kozhaeva, S.Ch. Kazanchev, L.A. Kazancheva,
A.A. Mirzoeva, E.A. Kazancheva, A.V. Labazanov, B.B. Tkhezeplov*

MINERAL FERTILIZER ROLE IN THE RESERVOIR TROPHIC CHAIN FORMATION

The long-term research data on phytoplankton number and biomass dynamics are given in the article. It is determined that the volume of number and ratios of the phytoplankton ecological and trophic groups depends on natural and anthropogenous factors among which aquaculture planting density increase and artificial troph application play the essential role.

Key words: phytoplankton, phytoplankton biomass, mineral fertilizers, hydrobionts, trophs, diatoms, alga.

Введение. Одним из важнейших направлений исследования биологической продуктивности водоемов является изучение экологических процессов в воде и в иле, роли минеральных удобрений как одного из основных звеньев воздействия на первичную продукцию, на трофические взаимоотношения населяющих водоем гидробионтов.

Первичное действие минеральных удобрений состоит в том, что они доставляют добавочную трофи фитопланктону и этим способствуют его более сильному развитию.

В настоящее время известны общие основы более новых и совершенных систем удобрения, еще предстоит выяснить, какие формы наиболее благоприятны для прудов различного характера, расположенных в разных эколого-климатических зонах. Поэтому особое значение приобретает знание общих законо-

мерностей круговорота отдельных элементов, служащих действующим началом удобрений, в первую очередь – фосфора и азота. Выяснив, как именно участвуют отдельные биогенные элементы в создании биологических ресурсов водоемов, сможем определить, какие условия благоприятны для каждого из компонентов удобрений. Это позволит выявить потребные формы удобрения применительно к конкретным условиям определенных водоемов, по эколого-климатическим зонам, что будет помогать исследователям ставить специальные вопросы о составе, сроках и нормах внесения удобрений при разных эколого-климатических условиях.

Минеральное удобрение непосредственно улучшает условия автохтонного синтеза органических веществ флорными организмами, главным образом, фитопланктоном.

Видовой состав фитопланктона удобренных и неудобренных водоемов не различается [5, 11, 16, 17].

О совершенно другой оценке роли минеральных удобрений высказывают авторы [1–4], которые утверждают, что «...речь может идти только о влиянии на относительную численность различных представителей фитопланктона».

В настоящее время этот вопрос весьма запутан, только редкие работы по изучению удобрений прудов сопровождалась квалифицированным изучением фитопланктона. Нередко исследователи ограничиваются чрезмерно общими формулировками о «сильном» или «слабом» цветении воды зелеными или сине-зелеными водорослями. Почти не могут быть использованы также данные по фитопланктону, относящиеся к пробам, собранным планктонной сетью. Наконец, для сравнительных целей малополезны результаты изучения фитопланктона, представленные только числом особей, числом клеток [15]. Все это сильно ограничивает круг работ, которые могут быть использованы для ответа на вопрос, как именно изменяется фитопланктон под влиянием удобрений.

Цель работы: изучить роль минеральных удобрений в формировании трофической цепи водоемов в различных эколого-климатических рыбоводных зонах Кабардино-Балкарской Республики.

Материал и методы исследований. Базой для постановки опытов послужили спускные опытные пруды площадью 0,5–10 га с независимым водоснабжением, расположенные в разных эколого-фенологических зонах и представляющие все пять физико-географические зоны. На некоторых можно было провести комплекс интенсификационных мероприятий: мелиоративные работы, фагирование рыб, известкование, удобрение.

Внесение удобрений начинали с наименьших доз, увеличивая их в последующие годы. Пруды сначала известковали и только через 2–3 недели вносили удобрения в основном минеральные (фосфорные и азотные) по методике, разработанной лабораторией гидрохимии ВНИИПРХ [5, 10]. Минеральные удобрения вносили в пруд по воде. Их растворяли в воде в отработанных пищевых пластиковых емкостях, а затем слодки распределяли по всей поверхности пруда.

Необходимое количество их рассчитали методом Ф. М. Суховерхова (1963) по формуле

$$A = \frac{(K - k) \cdot 100}{P},$$

где А – необходимое количество удобрений, мг/л;

К – необходимая концентрация биогенных элементов в воде, мг/л;

к – концентрация биогенных элементов в воде пруда по данным химического анализа воды, мг/л;

Р – содержание действующего вещества в удобрителе, %;

100 – поправка на проценты.

Общее количество удобрений определяли умножением количества удобрений на объем пруда.

Интенсивность фотосинтеза измеряли с помощью метода склянок (кислородная модификация) при экспозиции 24 ч [6]. Для исследования влияния минеральных удобрений на первичную продукцию водоемов два раза в месяц отбирали пробы фитопланктона в первой половине дня, поскольку данные отборы проб в это время соответствуют среднесуточным [20].

Отбор проб и обработку фитопланктона осуществляли осадочным и мембранным методом [19]. При изучении качественного состава фитопланктона использовали определители [13, 17, 18]. Количественную обработку проводили счетным методом. Биомассу определяли на основании измерения организмов, приравнивая их объемы к объему соответствующей геометрической фигуре или исходя из индивидуальных масс [8, 14]. Род водорослей определяли при просмотре под микроскопом на счетном стекле в 2 мл пробы [9].

Результаты исследования. Фитопланктон опытных водоемов был представлен 5 типами водорослей (табл. 1).

Таблица 1

Динамика фитопланктона в опытных прудах в среднем за 5 лет

Водоросли	Эколого-климатические рыболовные зоны									
	I		II		III		IV		V	
	Всего (тыс. шт/п)	% от общего количества	Всего (тыс. шт/п)	% от общего количества	Всего (тыс. шт/п)	% от общего количества	Всего (тыс. шт/п)	% от общего количества	Всего (тыс. шт/п)	% от общего количества
Зеленые	254,6	44,9	522,3	54,5	2890,5	79,1	3479	74,51	5891,5	77,7
Синезеленые	53,9	9,5	77,3	8,06	145,6	4,0	310,5	6,6	325,4	4,3
Диатомовые	189,3	33,4	280,5	29,3	375,3	10,3	459,6	9,8	760,2	10,0
Золотистые	2,2	0,4	3,4	0,4	10,9	0,3	14,8	0,3	20,5	0,3
Эвгленовые	66,1	11,7	75,5	7,9	231,4	6,3	405,1	8,7	582,7	7,7
Всего сумма водорослей	566,1	100,0	959,0	100,0	3653,7	100,0	4669	100,0	7580,3	100,0

Диатомовые (Bacillariophyta) водоросли – основной источник питания планктонных, ракообразных, особенно ветвистоусых. Эти водоросли отличаются высокими пищевыми качествами. Калорийность диатомовых водорослей составляет 520 кал. Они содержат в расчете на сухое вещество 20–30% белков, 5–15% липоидов, 25–60% золы. Диатомовые водоросли являются первым звеном большинства трофических цепей в водоемах. В случаях, когда диатомеи плохо потребляются планктонами, рачками, большая часть органической массы их частично растворяется в воде и служит трофом для бактерии, а частично оседает на дно, фигурируют донные гидробионты.

Разные виды диатомеи по-разному реагируют на условия окружающей среды. Однако характерным для всех видов является высокая потребность в азоте, фосфоре и особенно в железе. При содержании в воде 2–3 мг Fe₂O₃ диатомеи хорошо развиваются, в то время как другие водоросли могут погибать. В отличие от других диатомовые водоросли теневыносливые, что позволяет им развиваться в наиболее глубоких слоях водоема.

Синезеленые (Cyanophyta) водоросли особенно обильно развиваются в непроточных водоемах. Цветут синезеленые водоросли чрезвычайно быстро, в 3–4 дня, также быстро у них могут образовываться споры и отмирать вегетативные клетки. При этом происходит процесс гниения, качество воды ухудшается, что и приводит к заморным явлениям. Синезеленые водоросли весьма устойчивы к изменениям температуры. Кроме того, имеются сведения о ядовитом действии [7, 12, 16].

Эвгленовые (Euglenophyta) водоросли являются очень распространенной группой организмов, обитающих преимущественно в малых, богатых органическими веществами водоемах. Склонность многих эвгленовых к миксотрофному фагированию позволяет активно участвовать в самоочищении вод. Богатство эвгленовыми водорослями указывает на повышенное содержание в воде органических веществ, на высокое эвтрофное, переходящее в микстротрофную фазу состояние водоема. Многие эвгленовые предпочитают воды, содержащие гуминовые вещества, активно участвуют в круговороте железа и, вероятно, органических кислот. Трофическое значение эвгленовых мало изучено (имеются указания на питание или личинок тендепид некоторых коловраток). Эвгленовые водоросли в основном обитают в гумизированных водоемах со стоячей водой.

Золотые (Chrysophyta) водоросли распространены в пресных водоемах и особенно обильно развиваются при понижении температуры воды – ранней весной и поздней осенью. Эти водоросли хорошо развиваются при высоком содержании в воде азотистых солей даже в летний период.

Материалы таблицы свидетельствуют, что зеленые (*Chlorophyta*) водоросли – наиболее обширная группа среди других водорослей. Они наиболее изучены и встречаются в самых разнообразных условиях. Из зеленых водорослей имеют большое значение протококковые – для улучшения кислородного режима, а также для питания ветвистоусых. Они нередко развиваются очень обильно при высоком содержании в воде органи-

ческих веществ. Зеленые водоросли (как и другие) значительно различаются по потреблению азота, фосфора, железа. Поэтому при внесении минеральных удобрений можно значительно увеличить их биомассу.

Основная масса биогенных элементов (азот, фосфор, железо) в водоемах находится в воде органических соединений, и данные обычных применяемых анализов (минерального азота и фосфора) далеко еще не характеризуют доступное для фитопланктона количество этих веществ.

Сценедесмус (*Scenedesmus*), анкistroдесмус (*Ankistrodesmus*) и лагерхеймия (*lagerheimia*) обладают способностью потреблять почти весь азот, содержащийся в водоемах (до 0,004 мг N нитратов на 1 л), а пандорина (*Pandorina*) вольвоксовые водоросли не могут полностью использовать содержащийся в водоеме азот. Для нормального развития этих водорослей требуется внесение в водоемы азотных удобрений. Водоросли лучше развиваются при дополнительном внесении железа в виде удобрений.

Недостаток биогенных элементов отрицательно сказывается на развитии различных форм водорослей.

При снижении количества биогенных элементов водоросли беднеют, и молодая клетка не достигает нормальных размеров, но продолжает еще делиться и отмирает.

Анабена (*Anabaena d.*) достигает наилучшего развития при содержании в воде 0,8 мг/л аммиачного и 0,8–1 мг/л нитратного азота, но при этом угнеталось развитие афанизоменон (*Aphanizomenon*).

На железо водоросли реагируют еще быстрее, чем на аммонийный азот. Так, осциллятория (*Oscillatoria*) лучше развивается при внесении железа из расчета 1,4 мг/л, астерионелла (*Asterionella*) – 2 мг/л, афанизоменон (*Aphanizomenon*) – 1 мг/л. Наилучшего развития *Anabaena* достигает при содержании в воде фосфора 2 мг/л, астерионелла – 1,5 мг/л, т.е. для организмов, лучше развивающихся при повышенном содержании железа, требуется более повышенное содержание фосфора, чем для организмов, дающих максимальные приросты при невысоких дозах применения железа.

Из наших наблюдений следует, что развитие водорослей зависит от целого ряда факторов среды. Вносимые с удобрениями биогенные элементы оказывают неодинаковое влияние на различные виды водорослей. При этом все их виды имеют большое значение для жизни водоема. Нами установлено, что сине-зеленые водоросли являются азотофиксаторами воздуха.

Наблюдение за развитием водорослей в зависимости от количества вносимых удобрений показало, что наибольший эффект дает внесение суперфосфата и аммиачной селитры в соотношении 1:1. Причем планируемая доза селитры была равна расчетной (4 ц/га).

Фитопланктон всех прудов был представлен пятью типами водорослей, но количество родов по эколого-климатическим зонам было неодинаковым (см. табл. 1). Так, в среднем за пятилетний период исследования в контроле встречалось 58 родов.

Состав фитопланктона водоемов III–IV эколого-климатических зон представлен 95–118 таксонами, из них 36–40 форм относились к зеленым водорослям, 20–35 – к диатомовым, 20–25 – к эвгленовым и 12–15 – к синезеленым. Остальные группы водорослей представлены единичными видами.

В водоемах I – II зон обнаружено 40–90 таксона фитопланктона: из них максимальное количество видов и разновидностей принадлежит зеленым, в основном протококковым водорослям (20–45 таксонов). Диатомовые представлены 5–10 таксонами, золотистые – 3–6 формами.

Установлено, что наиболее устойчивыми формами зеленых водорослей являются: сценедесмус (*Scenedesmus*), струраструм (*Staurastrum*), гониум (*Gonium*), тетрострум (*Tetrostrum*), рафидонема (*Raphidonem*) пандорина, (*Pandorina*), космариум (*Cosmarium*), кластериум (*Closteium*) и евдорина (*Eudorina*); из сине-зеленых: афанизоменон (*Aphanizomenon*), нодулария (*Nodularia*); из эвгленовых (*Euglenophyta*), трахеломонас (*Trachelomonas*), стробомонас (*Strobomonas*) и факус (*Phacus*); из диатомовых: циклотелла (*Cyclotella*), меридион (*Meridion*), фрагиллария (*Fragillaria*), синедра (*Synedra*), навакула (*Navicula*), пинулария (*Pinnularia*) и сурирелла (*Surirella*); из зоолоистых: перединум (*Peredinium*) и периодически церациум (*Ceratium*). При длительной эксплуатации водоемов для выращивания аквакультуры из фитопланктонов исчезают астирионелла (*Asterionella*), кумбелла (*Cymbella*), нитушия (*Nitzschia*), динабрион (*Dinabryon*) и табеллария (*Tabellaria*).

Характер смены водорослей обуславливается основным солевым режимом водоемов, а также биологическими особенностями не только групп водорослей, но и каждого таксона в отдельности. В распределении водорослей большую роль наряду с азотом, фосфором и кальцием играют эколого-климатические рыбо-водные зоны.

Влияние кальция на развитие фитопланктона положительное. Такая зависимость от кальция отмечена в развитии зеленых, диатомовых, синезеленых и эвгленовых водорослей. При содержании его в пределах 35 мг/л все перечисленные водоросли интенсивно развиваются, а при повышении до 445 мг/л развитие сильно снижается (табл. 2).

Сопоставляя численность и биомассу водорослей по вариантам опытов, необходимо отметить, что в водоемах с невысокой плотностью посадки аквакультур и без кормления карпа искусственно приготовленными кормами, прямой зависимости между развитием фитопланктона и внесением различных видов удобрений в водоемы не установлено, большое влияние оказывает ложе водоемов.

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на среднесезонную численность и биомассу фитопланктона на водоемах

Эколого-климатические рыбо-водные зоны	Плотность посадки карпа, экз/га		Фагирование искусственной трофи, ц/га	NPCa	NP	Ca	Без удобрений
	личинка	годовики					
I	80,0	-	45,7	$\frac{2,8 \pm 0,56}{2,28 \pm 0,32}$	$\frac{1,56 \pm 0,1}{1,16 \pm 0,32}$	-	$\frac{0,88 \pm 0,23}{1,1 \pm 0,3}$
II	23,0	-	6,1	$\frac{8,17 \pm 1,9}{3,96 \pm 1,73}$	$\frac{4,85 \pm 0,6}{2,36 \pm 0,07}$	-	$\frac{1,8 \pm 0,1}{1,3 \pm 0,25}$
III	40,0	-		$\frac{2,35 \pm 0,91}{2,2 \pm 1,13}$	$\frac{2,4 \pm 0,85}{2,29 \pm 0,74}$	-	$\frac{3,94 \pm 2,32}{1,13 \pm 0,35}$
IV		4,2		$\frac{42,6 \pm 0,61}{10,66 \pm 1,73}$	-	-	$\frac{6,29 \pm 0,51}{2,99 \pm 0,31}$
V	16	5,3	3,7	$\frac{53,2 \pm 7,9}{18,43 \pm 7,6}$	-	-	$\frac{6,02 \pm 0,2}{2,14 \pm 0,53}$

В водоемах ложе представлено малогумусными черноземами (V зона). Биомасса фитопланктона удобренных и известкованных водоемов была в 4,8–8,6 раза выше по сравнению с неудобренными водоемами. В водоемах, расположенных на песчаных почвах (IV зона) со сроком эксплуатации 1–2 года, влияние удобрений на развитие планктонных водорослей не прослеживается.

В опытах, в которых проводили фагирование карпа искусственными трофи, биомасса фитопланктона в удобренных водоемах была в 2–3 раза богаче по сравнению с неудобренными. Водоемы, в которые внесли только азотно-фосфорные удобрения, занимают промежуточное положение. В количественном отношении в структуре фитопланктона в удобренных водоемах за редким исключением преобладают протококковые водоросли.

Выводы

1. На основании комплексных исследований сделана попытка оценить действие основных интенсификационных мероприятий (удобрение и известкование водоемов, плотность посадки) на формирование экосистемы водоемов, рост аквакультуры и трофической цепи, опираясь на тщательный биоэкологический анализ, выработать мероприятия по дальнейшему повышению первичной биопродукции водоемов.

2. Удобрение водоемов азотно-фосфорными соединениями в комплексе с известью (2 г азота на 1 м³ воды + 1 г фосфора на 1 м³ воды + 0,3–0,5 ц/га извести) оказывает благоприятное влияние на химический режим воды водоемов.

3. В исследованных водоемах разных зон зарегистрировано 5 типов водорослей и 40–190 видов и разновидностей фитопланктона. В течение периода вегетации происходит смена форм.

4. Первичная продукция удобренных и известкованных водоемов намного (в 1,2–2,6 раза) выше, чем неудобренных; меньше затраты (в 1,4–20 раза) искусственной трофи на единицу продукции.

Литература

1. Акимов В.А. Биопродуктивность выростных прудов при интродукции дафний: сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – М., 1977. – Вып. 53. – С.110–119.
2. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометиздат, 1989. – 152 с.

3. Богатова И.Б. Рыбоводная гидробиология. – М.: Пищевая пром-сть, 1984. – С. 1–168.
4. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука. 1984. – С. 40–47.
5. Винберг Г.Г. Ляхнович В.П. Удобрение прудов. – М.: Пищевая пром-сть, 1965. – С. 205–272.
6. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. – Минск: Изд-во АН БССР, 1960. С. 240–250.
7. Горчакова Р.И., Телитченко М.М. К биологии загрязненных прудов // Рус. гидробиол. журн. – 1962. – № 1. – С. 120–128.
8. Гринь В.Г. Объемно-видовая характеристика фитопланктона нижнего Днепра. – Киев, 1967. – С.30–39.
9. Жадин В.И. Жизнь пресных вод СССР. М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – I, II. – С. 520–537.
10. Кожаева Д.К., Казанчев С.Ч. Трофическая цепь водоемов КБР // Методы и способы формирования конкретных преимуществ: сб. ст. – М.: МАКБ, 2008. – С. 97–100.
11. Рекомендации по повышению и использованию биологических ресурсов водоемов КБР / Д.К. Кожаева [и др.]. – Нальчик, 2006. – 29 с.
12. Казанчев С.Ч., Кожаева Д.К. Биолого-экологическая характеристика пресных водоемов КБР. – Нальчик: Тетраграф, 2011. – 319 с.
13. Кондратьева А.Л. Предпосылки развития растительноядных рыб в прудовых хозяйствах Советского Союза // Озерные и речные рыбы. – М., 1968. – С. 53–57.
14. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. – Л., 1969. – С. 200–250.
15. Липин А.Н., Бахтина В.И. Пресные воды и их жизнь. – М.: Госучпедгиз, 1950. – С. 340–345.
16. Панкова Н.Х. Действие удобрений на процессы мобилизации фосфора в рыбоводных прудах // Тр. Ин-та биологии АН Литовской ССР. – 1964. – Т.7. – С. 83–96.
17. Смирненко Л.А. Определение пресноводной фауны. – М.: АН СССР, 1938. – С 120–129.
18. Толачевский О.Ц., Оксинюк О.П. Динамика содержания фосфора и железа в черном озере // Гидрохимические мат-лы. – 2000 – Т. 15. – С. 180–204.
19. Усачев Т.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. ВГБО. – 1961. – С. 400–411.
20. Харитонова Н.Н. Экологические условия выращивания рыбы при уплотненных посадках в пруде Дон-рыбкомбината // Рыбное хоз-во. – Киев, 1975. – № 7. – С. 15–25.



УДК 581.93 (571.61)

Е.П. Рец

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ДОЛИННЫХ КОМПЛЕКСОВ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ (ХИНГАНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

Выявлены закономерности дифференциации ботанического разнообразия на локальном уровне и факторы, его определяющие.

Ключевые слова: Среднее Приамурье, долинный комплекс, растительность, α -разнообразие, ценотический анализ флоры.

Е.Р. Rets

THE CENTRAL PRIAMURYE VALLEY COMPLEX VEGETATION (KHINGANSK NATIONAL RESERVE)

The laws of the botanical variety differentiation at the local level and the factors, which determine it, are revealed.

Key words: Central Priamurye, valley complex, vegetation, α -variety, flora cenotic analysis.

Введение. Исследованию различных аспектов растительного покрова долинных комплексов посвящены многочисленные публикации. Охарактеризованы различные типы пойменных болот, долинных лугов, лесов [3, 4, 6, 7, 17, 18], разработаны классификации долинной растительности, в том числе по методу Браун-Бланке [1, 2, 5, 8, 13, 21], рассмотрено влияние различных экологических факторов на растительные ком-