



СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

ТЫНЫБЕКОВ А.К., КУЛЕНБЕКОВ Ж.Е.

Кыргызско-Славянский университет, Бишкек, Кыргызская Республика

E-mail: krsu@krsu.edu.kg

Аннотация. Вертикальное распределение *Lyngbya contorta* в озере Иссык-Куль было изучено. Распределение водорослей по разрезу неравномерное, и в центральных станциях их численность в 2-3 раза выше, чем в прибрежье. Общая численность растительности планктона в слое 0-50 м изменяется от 54 до 266 тыс. кл.

Ключевые слова: *Lyngbya contorta*, вертикальное распределение, озеро Иссык-Куль.

STATE OF ISSYK-KUL LAKE PHYTOPLANKTON

Abstract. Vertical distribution of *Lyngbya contorta* in the Issyk-Kul lake was studied. This type of algae is present constantly in the water column from January to June, in small quantities. Beginning in June, this species disappears from the top of them – layers, but always recorded in a layer of 100 - 600m.

Key Words: *Lyngbya contorta*, Vertical distribution, Issyk-Kul lake.

В настоящее время Кыргызская Республика переживает трудные в социально-экономическом и политическом отношении времена в связи с переходом на новые рыночные отношения и вопросам рационального использования и охраны внутренних водоемов страны уделяется мало внимания. Тем не менее кыргызские ученые из различных сфер науки находят пути решения в сложившихся сложных экономических ситуациях, привлекая инвестиции в развитие науки и образования, в виде иностранных грантов создавая дружественные мосты между экономически развитыми странами и Кыргызской Республикой. В частности привлекаются гранты Европейского сообщества и НАТО наука во имя мира и др. для исследования водной экосистемы озера Иссык-Куль.

Изучение биоценозов водных организмов позволяет наиболее правильно использовать естественные водные ресурсы, повысить рыбопродуктивность водоемов путем разведения ценных пород рыб. Особый интерес представляют комплексные исследования всех трофических уровней в водоеме. Первой наиболее обширной

работой по изучению исык-кульского фитопланктона является работа И.А. Кисилева (1932), обработавшего пробы сетного фитопланктона. Изучавшая в конце 1950-х годах донные водоросли Тюпского залива Т.Г. Матюкова определила 240 видов и форм диатомовых водорослей, из них 13 видов планктонных. В начале 60-х годов исследования флористического состава донных водорослей северного побережья озера были выполнены С.М. Мамбеталиевой. Ее список различных видов и форм водорослей Исык-Куля включает 346 наименований.

В открытом озере изучение фитопланктона было выполнено в 1972-1975 гг. А.А. Кулумбаевой. По ее исследованиям, в пелагиали озера Исык-Куля насчитывается 111 видов, разновидностей и форм фитопланктона, среди которых синезеленых – 44, золотистых – 2, диатомовых – 19, пиррофитовых – 6, зеленых – 40. Фитопланктон пелагиали Исык-Куля представлен главным образом истинно планктонными видами водорослей (84%), что свойственно большинству глубоководных водоемов [1]. От состава и количества растительного планктона в водоеме зависит развитие водных животных, так как многие планктонные беспозвоночные интенсивно питаются водорослями. Так происходит переход вещества и энергии с одного трофического уровня на другой. Таким образом, водоросли в конечном итоге определяют биологическую продуктивность водоема.

Подробно вертикальное распределение фитопланктона в пелагиали Исык-Куля была рассмотрена в 1973 году в работе [2] на примере глубоководной станции на глубине 655 м (рис. 1). Весьма интересно вертикальное распределение *Lyngbya contorta* в Исык-Куле. Эта водоросль постоянно, хотя и в небольших количествах, присутствует во всем столбе воды с января по июнь. Начиная с июня этот вид, исчезает из верхних слоев, но постоянно регистрируется в слое 100 - 600м.

Состав водорослей довольно разнообразен в планктоне, но в очень небольшом количестве встречаются *Gloeocapsa minor*, *G. minima*, *Lyngbya contorta*; *Sphaerocystis schroeteri*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Oocystis submarine*, *Tetraedron minutissimum*, *Elakatothrix lacustris*, *Cyclotella caspia*, *Kephyrion spirale*. Распределение водорослей по разрезу неравномерное, и в центральных станциях их численность в 2-3 раза выше, чем в прибрежье. Общая численность растительности планктона в слое 0-50 м изменяется от 54 до 266 тыс. кл.

Новый прибор созданный учеными из МГУ, который был использован для исследования фитопланктона озера Исык-Куль в 1999 году (рис. 1) [3].

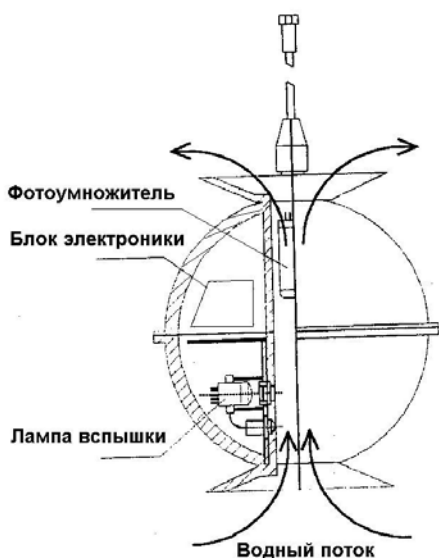


Рис.1. Измерение концентрации хлорофилла и фотосинтетической активности, и первичной продукции фитопланктона. а) Внутренний вид прибора. б) Проведения измерения на озере Иссык-Куль.

Материалы и методика исследования представлены в работе А.А. Кулумбаевой в период 1972-1975 гг. на озере Иссык-Куль. Изучение фитопланктона Иссык-Куля проводилось путем ежемесячных наблюдений в открытой части озера на поперечном разрезе Чолпон-Ата - Тон на 6 станциях, расположенных на расстоянии: ст. 1-2 км, ст. 2-6 км, ст. 3-11 км, ст. 4-34 км от северного берега, ст. 5-4 км, ст. 6-1 км от южного берега. - На каждой станции пробы брали на поверхности и с глубины 5, 15, 25, 50, 100 и 150 м, на глубоководной ст. 4 (655 м) с глубины 300 и 600 м. На всех станциях отмечали метеорологические условия, температуру воды и воздуха, величину прозрачности по диску Секки. На разрезе Чолпон-Ата - Тон измеряли величину рН и растворенного в воде кислорода по глубинам. Сбор материала проводился большой и малой сетью Джели из газа № 70 и батометром. За период исследования было обработано 874 пробы фитопланктона. Для изучения диатомовых водорослей приготовлено около 100 постоянных препаратов. Результаты исследования освещены в отдельных работах (Кулумбаева, 1975-1978) [4].

Работы по изучению водорослей оз. Иссык-Куль были возобновлены в 1999 году и объектом исследований послужили природные популяции фитопланктона юго-восточной части озера Иссык-Куль.

Для измерений использовали погружной импульсный флуориметр, регистрация флуоресценции на котором производилась методом *rimr-and-probe* [5]. Флуориметр состоял из погружного зонда, бортового блока питания, соединенного с зондом и с компьютером, управлявшим процессом измерений по программе, заданной пользователем. На станциях юго-восточной части озера при помощи погружного зонда были измерены *in situ* вертикальные профили температуры, подводной освещенности, обилия (по F_0) и фотохимическая активность РЦ ФС II (по F_v/F_m), по которым строили пространственные разрезы указанных характеристик. Параллельно с зондированием фитопланктона с поверхности проводился отбор проб для определения химических параметров воды.

Обилие фитопланктона выражали в единицах концентрации хлорофилла ($X_{л*}$), предварительно откалибровав в лабораторных условиях выход сигнала F_0 по концентрации хлорофилла "а", а также проведены анализы горизонтального распределения параметров флуоресценции фитопланктона в верхнем смешанном слое оз. Иссык-Куль [5].

Отсюда можно сказать, что в составе и распространении фитопланктона в пелагиали озера Иссык-Куль проявляются следующие закономерности.

Измерение концентрации хлорофилла и фотосинтетической активности, и первичной продукции фитопланктона. а) Внутренний вид прибора. б) Проведения измерения на озере Иссык-Куль (рис.1.).

По количеству видов преобладают: сине-зеленые водоросли (Cyanophyta)- 20 видов; диатомовые (Bacillariophyta)- 43 вида и зеленые (Chlorophyta)- 38 видов. Из других отделов имеются представители пиррофитовых водорослей (Pyrophyta)- 5 видов; золотистых (Chrysophyta)- 1 вид и желто-зеленых (Xanthophyta)- 1 вид. Наибольшая численность и биомасса фитопланктона сосредоточена в верхнем 50-метровом слое воды с максимальной концентрацией его на глубине около 25 м. На глубинах 50-150 м численность фитопланктона резко снижается, а на больших глубинах 300-600 м он встречается крайне редко. В мелководных заливах и прибрежной зоне озера численность фитопланктона может быть в несколько раз выше, чем в открытой части озера. Продуктивность фитопланктона невысока, что объясняется мелкими размерами водорослей. Среднегодовая продуктивность в верхнем 50 метровом слое составляет 111-114 мг/м³, максимальная (в мае-июне) - 230-280 мг/м³. В сезонной динамике численность фитопланктона наименьшая в январе-феврале (20-130 кл/л) и наибольшая в мае-июне (400-3000 кл/л). В зимний период, по сравнению с летним, содержание фитопланктона в верхнем 50 метровом слое воды снижается в 25-35 раз. Прозрачность в центральной части озера зимой в среднем 24-25 м, летом 14-16 м; в прибрежной зоне соответственно 11-18 м и 3-8 м. Максимальная прозрачность воды до 40-45 метров отмечается зимой в центре озера. В заливах и мелководьях она уменьшается за счет фито- и зоопланктона и минеральных частиц, особенно в устьях крупных рек до 0,5-1 метр. Над Иссык-Кулем проносятся сильные ветры: восточный "Санташ" и западный "Улан", скорость последнего иногда может достигать 35-40 м/сек. В

году 56 дней приходится на ветры со скоростью свыше 15 м/сек. Сильные ветры вызывают на озере волны высотой до 3-4 метров [4].

Вода Иссык-Куля слабосоленая, общая минерализация воды около 5,97 мг/л, что в 5,5 раза меньше солености морской воды. В зоне впадения крупных рек минерализация воды снижается до 2-2,5 мг/л. Иссык-Куль имеет хлоридно-сульфатно-натриево-магниевый тип минерализации: содержание Cl 0, 63-1,60 г/л, Ca – 0,08-0,12 г/л, N (+K) – 0,65-1,54 г/л, Mg – 0,11-0,29 г/л, SO₄ - 0,83-2,10 г/л [6]. Несмотря на большие глубины минерализация воды по вертикали и горизонтали весьма неоднородна, что объясняется водными течениями и хорошей перемешиваемостью водной массы. Вода Иссык-Куля обладает щелочной реакцией – pH - 8,0-8,6. Содержание кислорода в верхних слоях воды 6-6,5 мл/л, на глубине 50 метров – до 7 мл/л, в спокойных затоках и заливах содержание кислорода может достигать 10-14 мл/л.

Биогенных элементов, необходимых для развития фитопланктона и водной растительности, в воде Иссык-Куля весьма мало. Больше их содержится в поверхностных водах заливов и затонов: фосфора до 2-5 мг/м³, нитратов 0,5-1,6 мг/м³, аммонийного азота – 4,8-7,8 мг/м³. Содержание микроэлементов в воде мг/л: Fe-11,00; Br-1,74; J-0,04; Mo-0,05; Ag-0,002; Cu-0,0023; Zn-0,0475; Ni-0,001 [7]. В связи с недостатком биогенных элементов фитопланктон озера Иссык-Куль развит значительно слабее, чем, к примеру, в таких крупных озерах как Ладожское, Онежское, Байкал, Балхаш и др.

Лучшего развития фитопланктон достигает в мелководных, особенно опресненных заливах (Тюпском, Каракольском, Покровском, Рыбачинском). В составе фитопланктона озера обнаружено более 100 видов водорослей, среди которых наибольшее видовое разнообразие приходится на группу сине-зеленых (Cyanophyta), диатомовых (Bacillariophyta) и зеленых (Chlorophyta) водорослей. Из сине-зеленых массовыми видами являются *Merismopedia punctata* Megeen, *M. tenuissima* Lemm., *Yloecapsa varia* (A.Br.) Hollerb., *Y.Minor* (Kütz.) Hollerb., *Microcystis pulverea* (Wood.) Forti. и др. (табл.1.), из диатомовых *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *C. caspia* Yrun., *C. ocellata* Pant. и др., из зеленых преобладают представители протококковых водорослей (*Oocystis issykkulica* Kulumb, *O. Borgei* Snow., *O. Pelgica* Lemm., *O. Solitaria* wittarock, *O. Parva* W. et. W., *Dictiosphaerium pulchellum* Wood. var *pulchellum* и др. Эти группы водорослей составляют свыше 95% видового состава и биомасса фитопланктона. По количеству видов и биомассе основная часть фитопланктона в озере Иссык-Куль сосредоточена в верхнем слое воды 0-50 метров, а наибольшая концентрация отмечается на глубине около 25 метров. До глубин 100-120 м численность и биомасса фитопланктона сильно уменьшается, а глубже идет резкое снижение его концентрации, хотя живой планктон регистрируется до максимальных глубин. На больших глубинах 300-600 м регистрируется в основном *Yloecapsa minor* и *Lyngbya contorta*. Наличие фитопланктона на больших глубинах связано вероятнее всего с активной циркуляцией водных масс Иссык-Куля [4].

В сезонной динамике численности и биомассы фитопланктона просматриваются большие колебания, как по годам так по месяцам и сезонам, причем данные разных авторов значительно отличаются. Минимальное количество фитопланктона (20-136 кл/л в слое воды до 50м) отмечается в январе-феврале, затем (в марте-апреле) заметно повышается (до 200-650 кл/л) и достигает максимума в мае-июне до 455-3150 кл/л. В июле-августе, несмотря на благоприятный температурный режим численность фитопланктона заметно снижается, что связано, видимо, с выеданием его активно развивающимся зоопланктоном и зообентосом. В сентябре-октябре численность фитопланктона заметно снижается (примерно в 2 раза), однако держится еще на этом уровне вплоть до декабря [8].

Несмотря на сравнительно высокую численность фитопланктона, биомасса его относительно невелика, что объясняется мелкими размерами водорослей. Наибольшая биомасса фитопланктона в слое воды до 50 м отмечается в январе-феврале (16-33 мг/м³) и наибольшая в мае-июне (273-284 мг/м³), затем идет ее снижение [9, 10].

На станциях юго-восточной части озера при помощи погружного зонда были измерены *in situ* вертикальные профили температуры, подводной освещенности, обилия (по Fo) и фотохимическая активность РЦ ФС 2 (по Fv/Fm) (рис. 2.), по которым строили пространственные разрезы указанных характеристик. Параллельно с зондированием фитопланктона с поверхности проводился отбор проб для определения химических параметров воды.

Как видно, из рисунка 1 показано распределение по глубине температуры в разрезе Тамга-Григорьева в 1999г., Чолпон-Ата-Кольцовка оз. Иссык-Куль в 1973, 1984, 2003 и 2004 годах.

При исследовании распределения флуоресценции по акватории озера Иссык-Куль в 1999 году наглядно прослеживалась связь между параметрами флуоресценции фитопланктона и концентрацией биогенов. Построенные карты горизонтального распределения значений Fo(Хл*), Fv/Fm и концентрации неорганического азота в восточной части озера Иссык-Куль показали, что распределение показателей флуоресценции, в целом, коррелировало с содержанием неорганического азота в воде, который является одним из наиболее важных компонентов минерального питания. Наибольшая концентрация этого элемента приходилась на прибрежные районы вдоль линии Каракол-Тамга, что связано с менее гористой местностью в этом районе и соответственно, большим обогащением притоков почвенными частицами. Вдоль этой линии побережья мы также обнаружили связь между содержанием минеральных веществ и интенсивностью флуоресценции фитопланктона. Наибольшие значения обоих параметров флуоресценции приходились на залив Каракол, где наблюдалась повышенная концентрация минеральных веществ [11].

Одновременное снижение, как обилия, так и эффективности первичных процессов фотосинтеза в районах озера, обедненных основными биогенными элементами,

скорее всего, было обусловлено снижением фонда свободных аминокислот в клетках водорослей, вследствие чего уменьшалась интегральная скорость синтеза клеточных белков, в том числе D1 белка, входящего в состав РЦ ФС II и наиболее подверженного фотоокислительной деструкции.

Из этого следует, что уменьшение обилия фитопланктона в районах с пониженным содержанием минерального питания могло происходить в результате снижения скорости развития популяции, а уменьшение фотохимической активности реакционных центров было обусловлено накоплением фотоокисленных центров ФС II из-за низкой скорости их репарации. Можно полагать, что продуктивность фитопланктона в верхнем перемешиваемом слое оз. Иссык-Куль характеризуется высокой чувствительностью к концентрации основных биогенных элементов, что следует из наличия положительной корреляции между интенсивностью F_0 и F_v/F_m и содержанием минеральных веществ.

Заключение

Таким образом, развитие фитопланктона в высокогорном озере Иссык-Куль наблюдается на протяжении всего года. Довольно хорошо прослеживаются два пика в развитии водорослей: весенний (май) и осенний (октябрь-декабрь). При этом наибольшая численность водорослей отмечается весной, биомасса - осенью. Весенний пик численности фитопланктона обусловлен интенсивным развитием мелких форм водорослей рода *Gloeocapsa*. Осенний пик более продолжителен во времени и связан с развитием крупных колониальных видов *Merismopedia*, обусловивших большие величины биомассы фитопланктона. Минимум планктонных водорослей отмечается в зимние месяцы (январь-февраль).

Таким образом, измерение фитопланктона *in situ* с использованием погружного флуориметра в 1999 году позволило нам изучить характер распределения на станциях Иссык-Куля продукционных параметров водорослей их обилие и фотохимическую активность, на которые влияют факторы среды, в том числе и загрязнения.

Уникальность результата в том, что используемый прибор позволяет одновременно измерить температуру воды и состояние фитопланктона.

Литература

1. Романовский В.В., Кузмиченок В.А., Маматканов Д.М., Подрезов А.О., Все об озере Иссык-Куль, - Бишкек: Изд-во КРСУ, 2004, С 304-305.
2. Кадыров В.К., Вибс А., Лыжина А.Д., 1971а. Содержание и вынос микроэлементов с речными водами Иссык-Кульской котловины. - В кн.: Вопросы йодного хоз-ва, 20 (гидрохимия). Фрунзе: Кыргызстан.
3. Тыныбеков А.К., Куленбеков Ж.Э. Измерение фотохимической активности фитопланктона с помощью погружного флуориметра. Вестник КРСУ. 2008. Том. №. с.

4. Кулумбаева А.А., Фитопланктон озера Иссык-Куль – Фрунзе: Кыргызстан. Издательство «Илим», 1982.
5. А.К. Тыныбеков, Д.Н. Маторин, Ж.Э. Куленбеков. Использование погружного зонда флуориметра при определении фитопланктона озера Иссык-Куль. Вестник КРСУ. 2007. Том 7. №6. с. 127-132.
6. Матвеев В.П. Гидрологические и гидрохимические исследования на Иссык-Куле в 1928 г. Сб. "Иссык-Кульская экспедиция", т., 1930.
7. Матвеев В.П. О солености озера Иссык-Куль. Записки Гос. гидрол. Инст. т. VI, 1932.
8. Мамбеталиева С. Список водорослей побережья озера Иссык-Куль. Сборник работ по микологии и альгологии АН Кирг. ССР. Фрунзе, 1963. стр. 93-128.
9. Киселев И.А. Данные о фитопланктоне озера Иссык-Куль. Зап. Гос. гидролог инст., т. VII, 1932.
10. Pedro Cermeño, Emilio Marañón, Derek Harbour, Roger P. Harris. Invariant scaling of phytoplankton abundance and cell size in contrasting marine environments // Ecology Letters. 2006. V. 9. P. 1210. doi: 10. 1111/j. 1461-0248. 2006. 00973. x.
11. А.К. Тыныбеков, Ж.Э. Куленбеков, М.С. Алиев. Экспериментальное измерение фитопланктона оз. Иссык-Куль. Международная научно-техническая конференция «Инновации в образовании, науке и технике». Известия КГТУ. №9. 2006. с. 89-93. Конец формы.