

УДК 577.427 : 577.4
© 2005

РОЛЬ ФИТОПЛАНКТОНА В САМООЧИЩЕНИИ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ПО “МАЯК” ОТ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

Т.Б. Меньших, Л.В. Никитина, С.И. Ровный
Россия, г. Озерск, ФГУП “ПО “Маяк”

А.Я. Болсуновский
Россия, г. Красноярск, Институт биофизики СО РАН

Приведена предварительная оценка интенсивности самоочищения водоема-охладителя ПО “Маяк” синезелеными водорослями от долгоживущих радионуклидов. Основой оценки служили динамические характеристики фитопланктона в июле 2004 г. (в период “цветения”) и удельная активность радионуклидов. Индексы самоочищения водоема, обусловленного продукцией органического вещества, за месяц составили 0,08; 0,03; 0,65; 1,07 % по ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am , соответственно. Показано, что наиболее интенсивно происходит перемещение альфа-излучателей $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am , наименее – ^{137}Cs .

Установлено, что из всех исследованных растительных компонентов водоема (фитопланктон, перифитон, прибрежная растительность) перифитон имел более высокие коэффициенты накопления ^{137}Cs , чем фитопланктон и прибрежная растительность.

В литературе имеются единичные сведения о естественных процессах очистки пресных водоемов, использовавшихся как водоемы-охладители, в которых, как известно, параллельно с физико-химическими процессами сорбции радионуклидов взвешенными и донными осадками, протекает их извлечение растительными организмами [1]. Представляется важным определить параметры аккумуляции радионуклидов пресноводными водорослями, интенсивно развивающимися в этих водоемах в период биологического лета. Целью настоящей работы являлась оценка роли фитопланктона в самоочищении водоема-охладителя ПО “Маяк” (В-2) от четырех радиационно-значимых радионуклидов – долгоживущих бета- (^{90}Sr и ^{137}Cs) и альфа-излучателей – (^{241}Am и ^{239}Pu).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Водоем-охладитель ПО “Маяк” оз. Кызылташ длительное время используется предпри-

ятием как источник оборотного водоснабжения. По показателям общего фосфора и биомассы фитопланктона он является эвтрофным.

Индексы самоочищения водоема от радионуклидов, обусловленного развитием фитопланктона, определяются составляющими баланса органического вещества и удельной активностью радионуклидов в фитопланктоне. Изучение обоих показателей в В-2, а также в питьевом оз. Иртяш (В-1) как контрольном водоеме, проводили в июле 2004 г. в период максимального развития фитопланктона (в период “цветения” воды). Оба озера принадлежат Кыштымско-Каслинской системе озер. Точка наблюдения за первичной продукцией в В-2 находилась в 300 м от берега, а в В-1 – на пирсе южного берега, со стороны г. Озерска. В период исследований в водоемах преобладали синезеленые водоросли: в В-2 – *Microcystis wesenbergii* Kom. in Kondrat., в В-1 – *Anabaena sp.* и *Aphanizomenon flos-aqua* (L.) Ralfs.

Внутриводоемный баланс органического

вещества в толще воды включает в себя два разнонаправленных процесса: фотосинтез фитопланктона, результатом которого является создание первичной продукции (прирост биомассы фитопланктона), и деструкцию (разложение) органического вещества бактериопланктоном. Первичную продукцию и деструкцию определяли методом Винберга в кислородной модификации [2]. Величина суточной продукции фотосинтеза в столбе воды под 1 м² рассчитывалась интегрированием кривой вертикального распределения фотосинтеза. В дальнейшем проводили пересчет на органическое вещество биомассы фитопланктона [3].

Пробы фитопланктона для радиометрических измерений собирали планктонным тралом в поверхностном слое воды. Влажный фитопланктон растворяли концентрированной азотной кислотой [4]. Анализ содержания долгоживущих радионуклидов проводили общепринятыми методами с помощью сцинтилляционного бета-спектрометра СЕБ-02СЦ, гамма-спектрометра СЕГ-01 ППД и альфа-спектрометра СЭАМ-1,8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значения первичной продукции (ПП) в поверхностном слое В-2 колебались от 3,4 до 29,8 мгО/л·сут (рис. 1, 2). Максимальные значения отмечены в “пятне цветения”, минимальные – в пространстве между “пятнами”. В период после ветрового перемешивания величина ПП принимала промежуточное значение 9,5 мгО/л·сут (в В-1 она равнялась 1,2 мгО/л·сут (рис. 3)).

Анализ данных о деструкции в В-2 (Д) (рис. 4), показывает, что в июле ее интенсивность в В-2 колебалась по глубине в небольших пределах: от 2,2 до 3,7 мгО/л·сут. Величины Д, в отличие от величин ПП, почти не изменяются с глубиной. В В-1 величины Д в слоях не превышали 0,5 мгО/л·сут (рис. 5). Происходило снижение значений деструкции с глубиной. Исключение составил придонный горизонт, в котором высокие показатели деструкции объясняются, вероятно, наличием в пробе значительного количества взвешенных органических веществ.

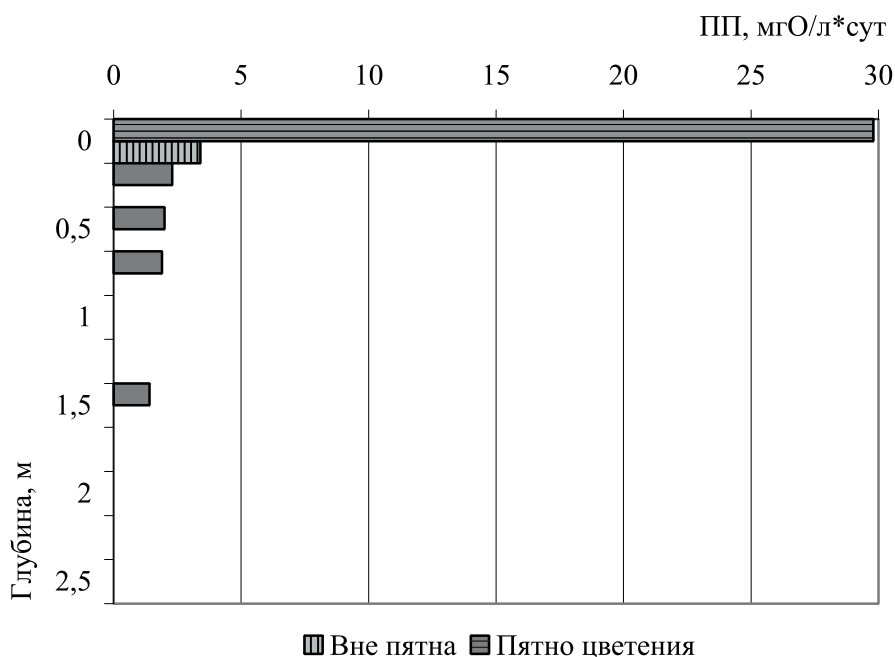


Рис. 1. Первичная продукция (ПП) в В-2 в период образования “пятен” цветения

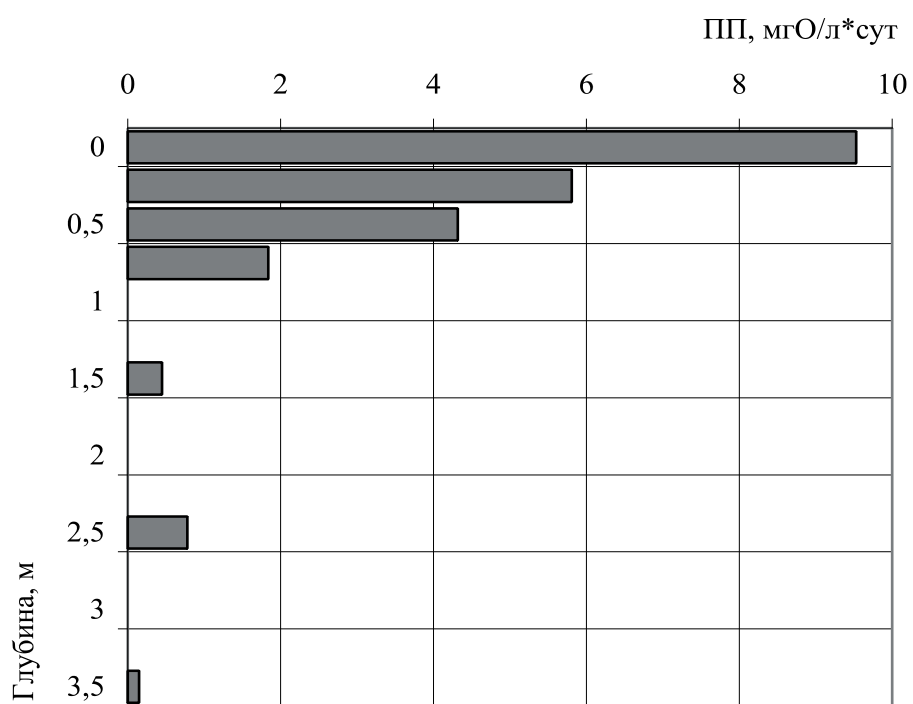


Рис. 2. Первичная продукция (ПП) В-2 после ветрового перемешивания

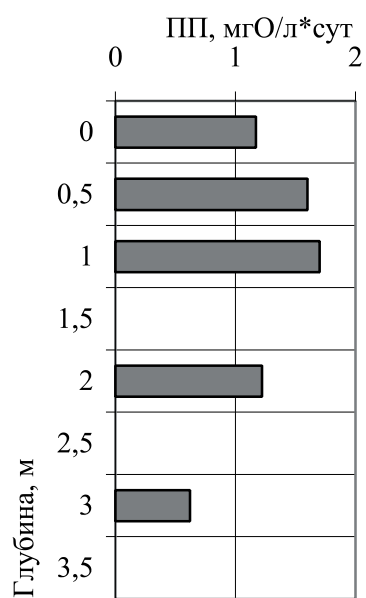


Рис. 3. Первичная продукция (ПП) В-1

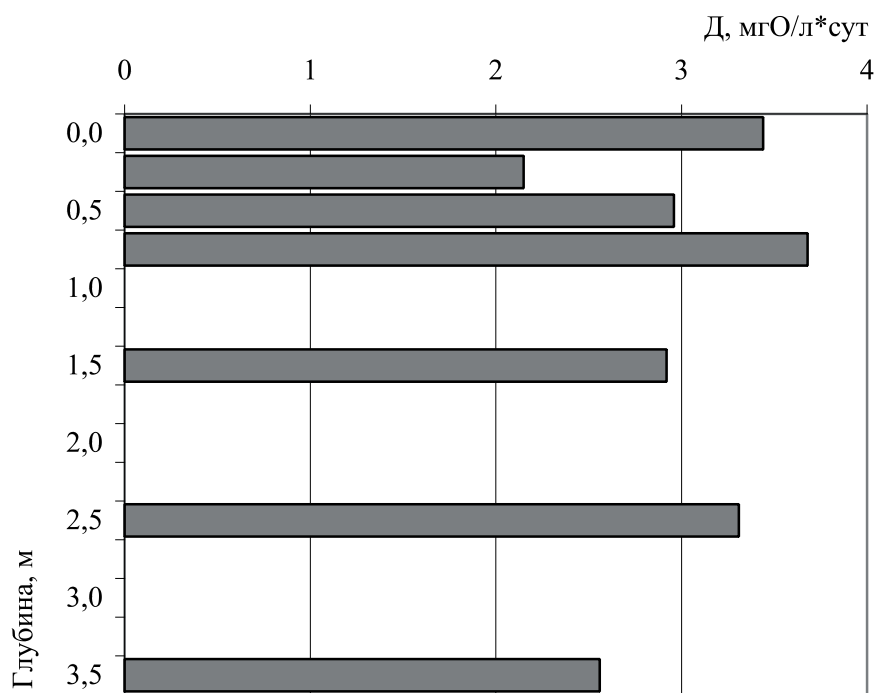


Рис. 4. Деструкция органического вещества (D) в В-2

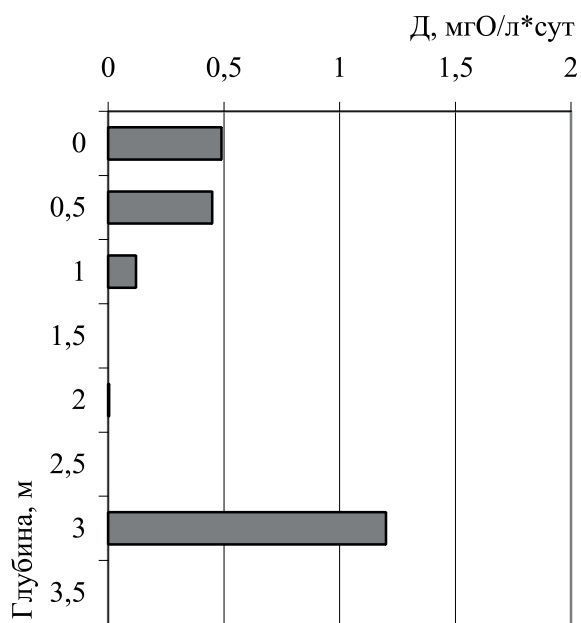


Рис. 5. Деструкция органического вещества (D) в В-1

Интегрируя полученные данные по глубине и пересчитывая результаты на органическое вещество фитопланктона, получаем, что первичная продукция на единицу площади в точке исследований в В-2 равняется 5,5 г органического вещества биомассы/м²·сут, при этом в процессе минерализации разрушилось 10,0 г органического вещества биомассы/м²·сут. В В-1 величина первичной продукции составила 3,6 г органического вещества биомассы/м²·сут, величина деструкции (без учета придонных слоев) – 1,0 г органического вещества биомассы/м²·сут. Отношение первичной продукции к деструкции A/R составило 0,6 (в В-2) и 3,6 (в В-1), что говорит о различных видах сукцессии – гетеротрофной и автотрофной, соответственно.

Относительно невысокая величина интегральной продукции В-2 обуславливается, по видимому, небольшой глубиной водоема (3,5–4 м). Для сравнения – глубина Белоярского водохранилища – 12 м и величина продукции – 12,5 г органического вещества биомассы/м²·сут [5].

Удельная активность радионуклидов в фитопланктоне В-2 на сырой вес составила, Бк/кг:

по ⁹⁰ Sr	3,0·10 ⁴ ,
по ¹³⁷ Cs	1,2·10 ³ ,
по ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1,1·10 ² ,
по ²⁴¹ Am	2,3·10 ² .

По убыванию удельной активности в фитопланктоне В-2 долгоживущие радионуклиды располагаются в следующий ряд: ⁹⁰Sr > ¹³⁷Cs > ²⁴¹Am > ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Аналогичная последовательность характерна и для удельной активности воды В-2: 1,9·10³ Бк/л по ⁹⁰Sr; 1,9·10² Бк/л по ¹³⁷Cs; 0,8 Бк/л по ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и 1,1 Бк/л по ²⁴¹Am.

Коэффициенты накопления (КН), рассчитанные на сухое вещество фитопланктона, составили 4,6·10² по ⁹⁰Sr, 1,9·10² по ¹³⁷Cs, 4,0·10³ по ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и 6,0·10³ по ²⁴¹Am. Полученные величины КН согласуются с литературными данными о накоплении этих радионуклидов в планктоне в лабораторных экспериментах и в пресных водоемах [6, 7, 8]. При ранжировании величин КН в фитопланктоне по радионуклидам получаем ряд, который отличается от такового, приведенного выше для удельной активности: ²⁴¹Am > ²³⁹⁺²⁴⁰Pu > ⁹⁰Sr > ¹³⁷Cs.

Интересно отметить, что из всех исследованных растительных компонентов В-2

(фитопланктон, перифитон, прибрежная растительность) значительными КН ¹³⁷Cs (>10³) характеризуются только прикрепленные водоросли мелководий (перифитон) – 4,0·10³, меньшие КН получены для стеблей и листьев тростника – 6,2·10¹ и 1,6·10², соответственно

На основании полученных данных рассчитали активность долгоживущих радионуклидов, включенных в биомассу фитопланктона в составе первичной продукции на единицу площади водного зеркала по глубине водоема (в столбе воды с основанием 1м×1м и высотой, равной глубине водоема) за 1 месяц, Бк/м²:

⁹⁰ Sr	5115,0;
¹³⁷ Cs	204,6;
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	18,8;
²⁴¹ Am	39,2.

Точечные оценки индексов самоочищения водоема от радионуклидов, обусловленного продукцией органического вещества, в июле 2004 г. составили 0,08 % по ⁹⁰Sr; 0,03 % по ¹³⁷Cs; 0,65 % по ²³⁹⁺²⁴⁰Pu; 1,07 % по ²⁴¹Am, при этом, как указывалось выше, наиболее интенсивные процессы образования новой биомассы фитопланктона происходят в поверхностном слое воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, опираясь на полученные предварительные данные, можно сказать, что в многолетнем аспекте процессы продукции и деструкции фитопланктона вносят заметный вклад в самоочищение водоема от радионуклидов, в результате которого происходит перемещение отмершей биомассы в донные отложения и консервации ее на длительный срок. Оценки индексов самоочищения водоема от радионуклидов, обусловленного продукцией органического вещества, показывают, что более интенсивно происходит перемещение альфа-излучателей ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ²⁴¹Am.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-04-96086).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеботина М.Я., Гусева В.П., Трапезников А.В. Планктон и его роль в миграции радионуклидов

- в водоеме-охладителе АЭС. – Екатеринбург: Аврора, 2002. – 171 с.
2. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 97 с.
3. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
4. Методики радиохимического, химического и спектрального анализа почв, образцов растительного и животного происхождения, воды // Федоров Е.А., Тюменев Л.Н., Бушкова Р.И. и др. – Инв.№ ОН-121. – ОНИС, 1968. – 108 с.
5. Мухаметчин В.А. Продукционные показатели Белоярского водохранилища // Водное хозяйство России. – 2003. – № 1. – С. 3–15.
6. Тимофеева-Ресовская Е.А., Гилева Э.А., Тимофеев-Ресовский Н.В. О специфических накопителях отдельных радиоизотопов среди пресноводных организмов // Доклады Академии наук СССР. – 1961. – Т. 140. – № 6. – С. 1437–1440.
7. Трансурановые элементы в окружающей среде / Под ред. У.С. Хэнсона. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 41 с.
8. Болсуновский А.Я., Зотина Т.А., Косиненко С.В. Оценка интенсивности накопления ^{241}Am пробами альгобактериального сообщества реки Енисей // Доклады Академии наук. – 2002. – Т. 385. – № 3. – С. 426–429.