

Список литературы / References:

1. Минюк Г.С., Дробецкая И.В., Чубчикова И.Н. [и др.] Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор. *МЭЖ*, 2008, т. 8, № 2, с. 5-23. [Minyuk G.S., Drobeckaya I.V., Chubchikova I.N. [et al.] Unicellular algae as renewable biological resource: a review. *MEZHJ*, 2008, vol. 8, no. 2, pp. 5-23. (In Russ.)]
2. Нехорошев М.В., Рябушко В.И., Железнова С.Н., Геворгиз Р.Г. Культивируемые водоросли – коммерческий источник антиоксидантов. *Российский биотерапевтический журн.*, 2016, т. 15, № 1, с. 74. [Nekhoroshev M.V., Ryabushko V.I., Zheleznova S.N., Gevorgiz R.G. Cultivated algae are a commercial source of antioxidants. *Rossiiskij bioterapevticheskij zhurn.*, vol. 15, no. 1, 2016, p. 74. (In Russ.)]
3. Геворгиз Р.Г., Железнова С.Н., Зозуля Ю.В. и др. Промышленная технология производства биомассы морской диатомеи *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin с использованием газовихревого фотобиореактора. *Актуальные вопросы биологической физики и химии*, 2016, т. 1, с. 73-77. [Gevorgiz R.G., Zheleznova S.N., Zozulya Yu.V. [et al.] Industrial technology for biomass production of the marine diatom *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin, using the individual gaseous-vortex photobioreactor. *Aktual'nye voprosy biologicheskoy fiziki i himii*, 2016, vol., pp. 73-77. (In Russ.)]
4. Borovkov A.B., Gudvilovich I.N. Intensive cultivation of *Dunaliella salina* for production of biomass with elevated β -carotene content. Communication 1. Effect of cultivation factors. *Hydrobiological Journal*, 2015, vol. 51, iss. 3, pp. 69-76.
5. Benemann J.R., Tillett D.M., Weissman J.C. Microalgae biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 1987, vol. 5, pp. 47-53.
6. Venkataraman L.V., Becker E.W. Algal cultivation / In: Venkataraman L.V., Becker E.W., editors. Biotechnology and utilization of algae. *The Indian experience*, 1985, pp. 12-32.
7. Вимер И., Вайнтрауб И.А. Фикобилипротеины из сине-зеленых водорослей. *Изв. АН МССР*, 1987, т. 4, с. 20-23. [Vimer I., Vajntraub I. A. Phycobiliproteins of blue-green algae. *Izv. AN MSSR*, 1987, vol. 4, pp. 20-23. (In Russ.)]
8. Тренкеншу Р.П., Лелеков А.С., Боровков А.Б., Новикова Т.М. Унифицированная установка для лабораторных исследований микроводорослей. *Вопросы современной альгологии*, 2017, т. 1, № 13, URL: <http://algology.ru/1097>. [Trenkenshu R.P., Lelekov A.S., Borovkov A.B., Novikova T.M. Unified setup for laboratory studies of microalgae. *Voprosy sovremennoj al'gologii*, 2017, vol. 1, no. 13, URL: <http://algology.ru/1097>. (In Russ.)]
9. Стаднийчук И.Н. Фикобилипротеины. Биологическая химия. *Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР*, М., 1990, т. 40, 196 с. [Stadnijchuk I.N. Phycobiliproteins. *Biologicheskaya himiya. Itogi nauki i tekhniki VINITI AN SSSR*, М., 1990, vol. 40, 196 p. (In Russ.)]

ДЕЙТЕРООБМЕН В НОРМАЛЬНЫХ И ОПУХОЛЕВЫХ ТКАНЯХ МЫШЕЙКосенков А.В.¹, Лобышев В.И.¹, Гуляев М.В.¹, Юсубалиева Г.М.², Гриненко Н.Ф.²¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
ул. Ленинские Горы, 1, г. Москва, 119991, РФ²ФМИЦ Психиатрии и Наркологии им. В.П. Сербского Минздрава России
пер. Кропоткинский, 23, г. Москва, 119034, РФ
e-mail: av.kosenkov@physics.msu.ru

Аннотация. Данная работа посвящена определению времен полувыведения дейтерия из воды и биополимеров тела здоровых мышей и мышей, зараженных карциномой молочной железы.

Ключевые слова: тяжелая вода, онкология, дейтерий.

EXCHANGE OF DEUTERIUM IN NORMAL AND TUMOR TISSUES OF MICEKosenkov A.V.¹, Lobyshev V.I.¹, Gulyaev M.V.¹, Yusubalieva G.M.², Grinenko N.F.²¹Lomonosov Moscow States University
1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia²The Serbsky State Scientific Center for Social and Forensic Psychiatry
Kropotkinsky ln, 23, Moscow, 119034, Russia
e-mail: av.kosenkov@physics.msu.ru

Abstract. This work is devoted to determining the times of elimination of deuterium from water and biopolymers of the body of healthy mice and mice infected with breast carcinoma.

Key words: heavy water, oncology, deuterium.

В большом числе работ продемонстрированы изотопные эффекты тяжелой воды на живые системы [1]. Особняком стоят работы, посвященные воздействию D₂O на новообразования онкологической природы [2,3]. Так показано, что воздействие тяжелой воды на больной организм замедляет процессы развития опухолей и продлевает жизнь этого организма. Наилучший эффект достигается при совместном применении тяжелой воды

и лучевой или химиотерапии. Однако, данные работы не имели дальнейшего развития, хотя актуальность этой темы не требует обсуждения.

Мы ставим перед собой целью разработку метода совместного применения D₂O и лучевой или химиотерапии. Первым шагом в этом направлении должно стать изучение кинетики дейтерия в тканях млекопитающих.

Как модельный объект нами были избраны самки мышей линии ValbC возрастом 7 недель и весом 25 грамм, а как модельная опухоль, карцинома молочной железы мышей 4T1 (см. рис. 1). Основным методом количественной оценки дейтерия в тканях мыши был метод ЯМР. Работы проводились на базе Лаборатории Магнитной Томографии и Спектроскопии ФФМ МГУ на биоспектротомографе Bruker BioSpec USR 70/30 с индукцией постоянного магнитного поля 7Тл. Для локализации объема, в котором производится сканирование использовался поверхностный приемопередающий контур, настраиваемый на резонансную частоту ядер дейтерия. Данный контур имеет 3 см в диаметре и глубину сканирования 1 см. Это позволило добиться условного разбиения тела животного на три отдела (см. рис. 2). В случае зараженного животного опухоль являлась четвертым отделом.

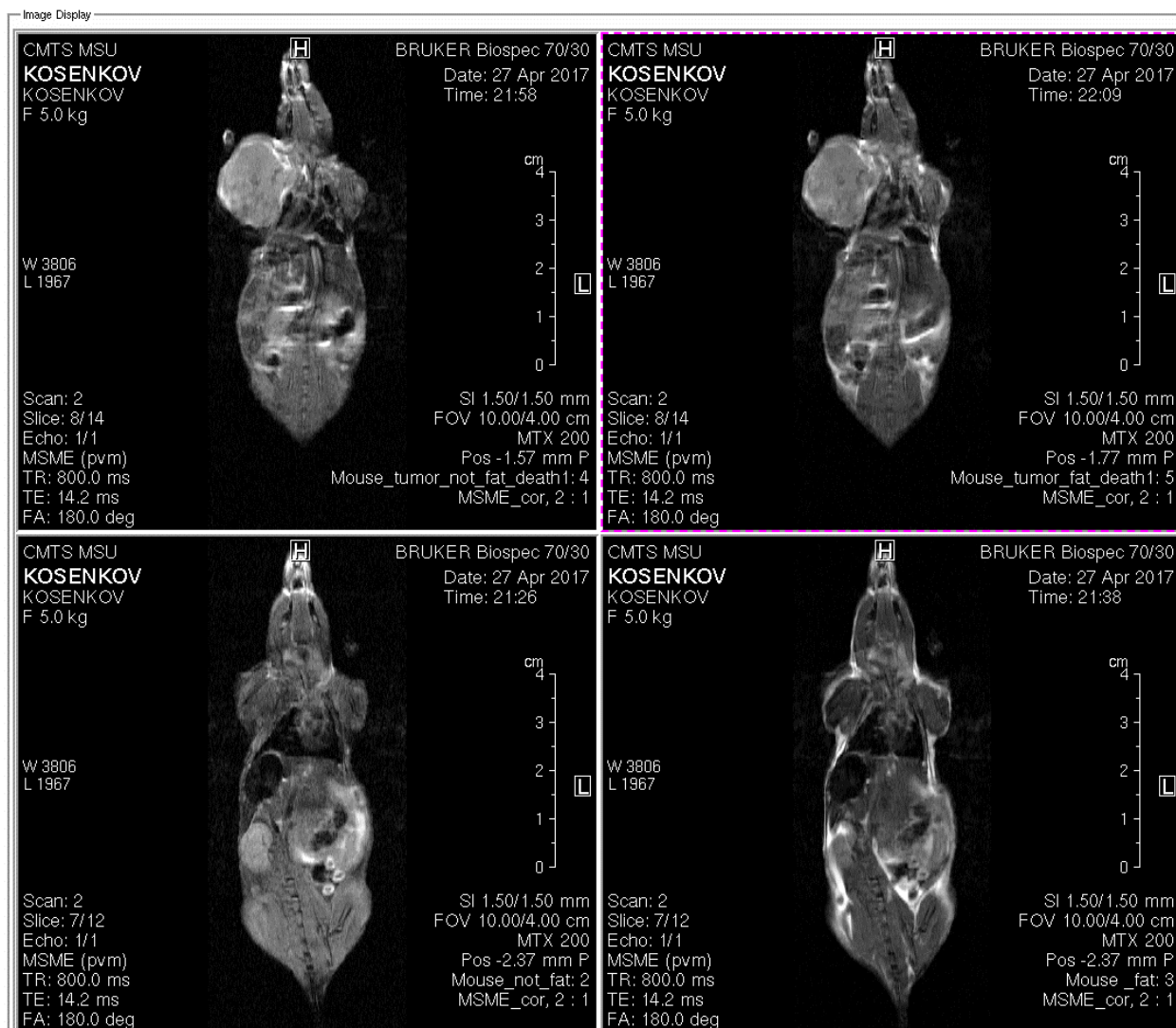


Рисунок 1 – ¹H – MPT PD (proton density) – взвешенное изображение мыши с карциномой 4T1 сверху и здоровой мыши внизу. Изображения слева выполнены с подавлением сигнала жировой ткани, изображения справа без подавления. Видно, что верхние картинки не отличаются в связи с истощением животного

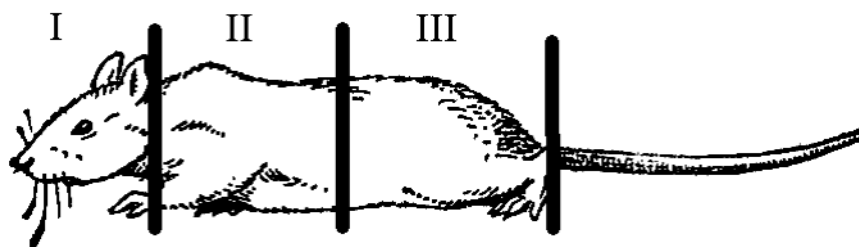


Рисунок 2 – Условное разбиение тела мыши на отделы: I – голова, II – грудь, III – таз

В эксперименте принимало участие четыре группы по пять животных в каждой: группы I, II, III и контрольная группа KI. Животные всех групп в течение пяти недель употребляли 10% раствор D_2O , после чего раствор заменялся на обычную воду. Животным группы I прививалась опухоль в день начала употребления раствора тяжелой воды, животным группы II через неделю после начала употребления раствора, а животным группы III, через три недели. Приведем наглядную схему эксперимента (см. рис. 3).

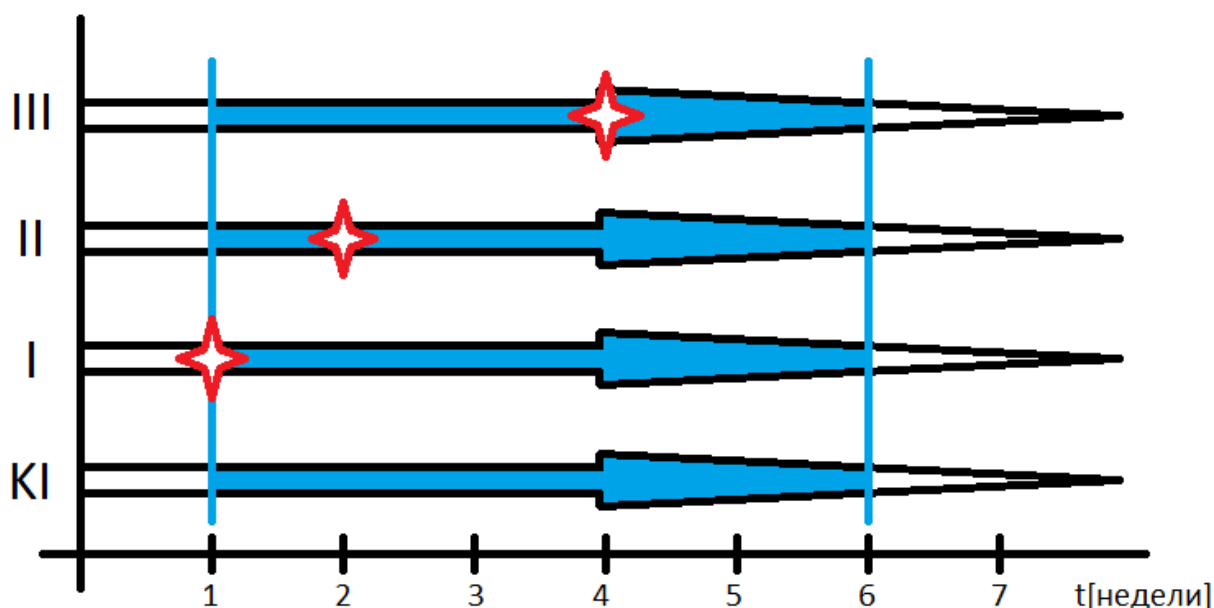


Рисунок 3 – Схема проведения эксперимента, звездами помечено время привития опухоли животным группы, сплошным закрашиванием период употребления 10% раствора D_2O

Через неделю после начала употребления раствора D_2O два раза в неделю снимались 2H -ЯМР-спектры от всех отделов тела мыши. 2H -ЯМР спектры соответствующие опухоли получали путем помещения поверхностной приемопередаточной катушки непосредственно на опухоль со спинной стороны в горизонтальной плоскости. Для группы KI, у которой опухоли не было, катушка помещалась в точку, где располагалась бы опухоль в случае её наличия. После чего результат усреднялся по животным и строились зависимости интегрального ЯМР-сигнала, линейно соответствующего количеству дейтерия в отделе объекта, от времени по отделам объекта (см. рис. 4-6) и вычислялись времена полувыведения дейтерия из воды и биополимеров организма мыши для каждого из отделов (см. табл. 1). Кривые насыщения приведены только для головного отдела для иллюстрации колебаний, наблюдаемых нами во всех отделах. Данный эффект также наблюдался в работе Богданова и Романовской с тритиевой водой [4]. Кривую для стадии выведения дейтерия из тела мыши удалось получить только для групп III и KI в связи со смертью животных из групп I и II. Для животных из группы III было оценено только время полувыведения дейтерия из воды тела, так как животное с развитой опухолью сильно истощено и не обладает существенным объемом жировой ткани (см. рис. 1).

Таблица 1 – Периоды полувыведения дейтерия по отделам тела мыши для групп KI и III τ_1 для воды и τ_2 для биополимеров

	Голова	Грудь	Таз	Опухоль
KI τ_1 [Дни]	1.9 ± 0.5	2.7 ± 0.3	2.3 ± 0.4	2.5 ± 0.3
KI τ_2 [Дни]	8 ± 1	19 ± 4	24 ± 5	18 ± 4
III τ_1 [Дни]	2.9 ± 0.3	2.9 ± 0.2	2.9 ± 0.2	2.7 ± 0.3

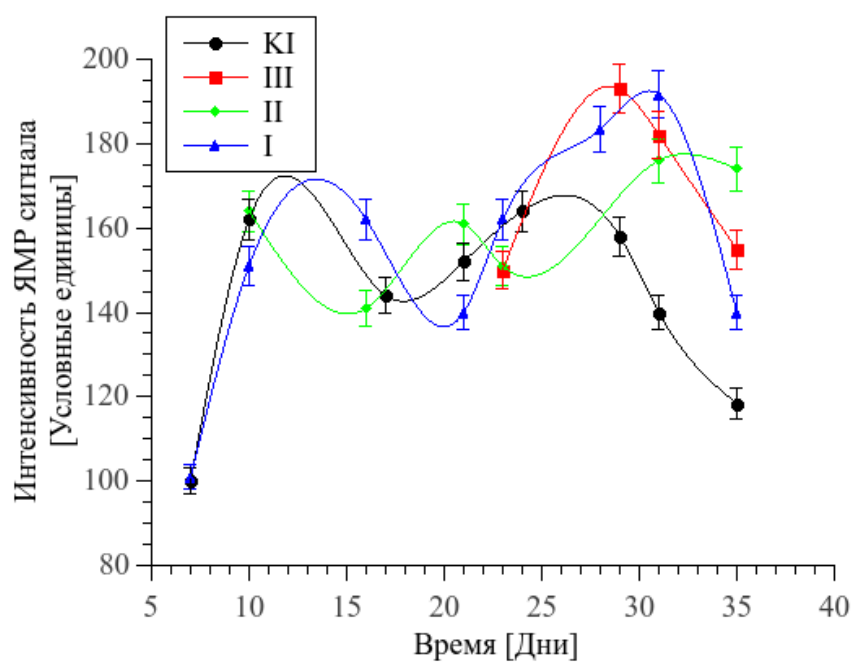


Рисунок 4 – Зависимость содержания дейтерия в головном отделе тела мыши в группах I, II, III, KI от времени при хроническом употреблении 10% D₂O. На рисунке приведены среднеквадратичные отклонения

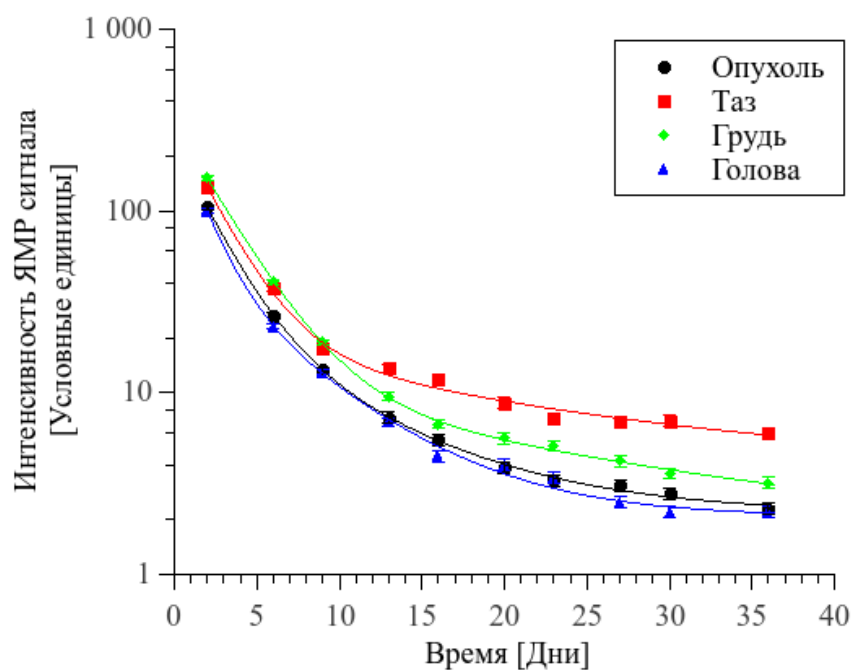


Рисунок 5 – Зависимость содержания дейтерия в отделах тела мыши группы KI от времени после отмены 10% D₂O. На рисунке приведены среднеквадратичные отклонения

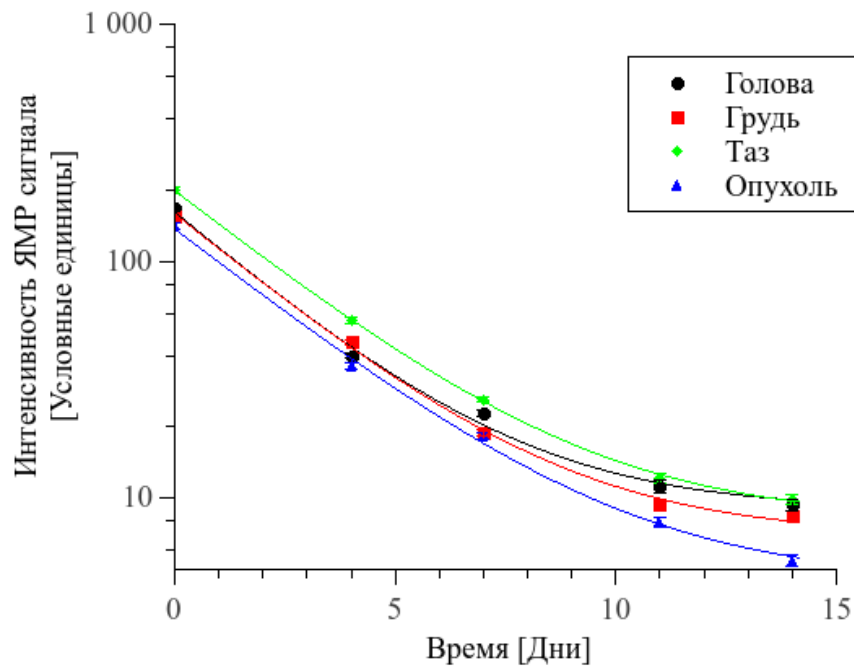


Рисунок 6 – Зависимость содержания дейтерия в отделах тела мыши группы III от времени после отмены 10% D₂O. На рисунке приведены среднеквадратичные отклонения

В результате работы оценены времена полувыведения дейтерия из воды τ_1 и биополимеров τ_2 тела мыши. Показано, что времена полувыведения дейтерия из воды тела мыши не зависят от отдела, а времена полувыведения дейтерия из биополимеров головного отдела тела мыши отличаются от такового времени для остального тела. Время полувыведения дейтерия из воды тела для здорового и больного животного в среднем не различается.

Список литературы / References:

1. Katz J., Crespi H. Isotope effects in biological system. *Isotope effects in chemical reactions*, 1970, pp. 286-363.
2. Barbour H.G., Allen E. Tumor growth in mice one - fifth saturated with deuterium oxide (heavy water). *Amer. J. Cancer*, 1938, vol. 32, no. 3, pp. 440-446.
3. Katz J.J., Crespi H.L., Hasterlik R.J., Thomson J.F., Finkel A.J. Some observations on biological effects of deuterium, with special references to effects on neoplastic processes. *J. Nat. Cancer Inst.*, 1957, vol. 18, no. 5, pp. 641-659.
4. Богданов К.М., Романовская Л.Л. Биофизические закономерности обмена тритиевой воды в организме. Москва: Энергоиздат, 1981. [Bogdanov K.M., Romanovskaya L.L. Biophysical regularities of the exchange of tritium water in the body. Moscow: Energoisdat, 1981. (In Russ.)]

РАЗДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ КУЛЬТУРЫ *DUNALIELLA SALINA* В ОБЛАСТИ 580-750 НМ

Чернышев Д.Н.¹, Боровков А.Б.²

¹Севастопольский государственный университет
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, РФ

²Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ
e-mail: chernishev@gmail.com

Аннотация. Методом аппроксимации кривыми Гаусса проведено разделение спектра поглощения культуры микроводоросли *Dunaliella salina* на отдельные пики, в области от 580 до 750 нм. Амплитуды отдельных пиков связаны с концентрациями хлорофилла *a* и хлорофилла *b*, параллельно измеренными в образцах по стандартной методике. Установлены соотношения между амплитудами пиков, относящимися к одному пигменту, рассчитаны коэффициенты экстинкции, составлена модель спектра поглощения культуры для определения концентраций хлорофилла *a* и хлорофилла *b*. С помощью модели рассчитаны концентрации пигментов по спектру поглощения культуры. Статистическое отличие от нуля разности значений двух методов измерений проверялось одновыборочным t-критерием. Значения концентраций, измеренных разными методами по хлорофиллу *a* и хлорофиллу *b*, статистически не различаются.

Ключевые слова: микроводоросли, спектры поглощения, хлорофилл.