

639.64

**ОДНОКЛЕТОЧНАЯ ВОДОРΟΣЛЬ*****Platymonas viridis* Rouch. sp. nov.****КАК ВОЗМОЖНЫЙ ОБЪЕКТ АККЛИМАТИЗАЦИИ  
В КАСПИЙСКОМ И АРАЛЬСКОМ МОРЯХ****Л. В. Спекторова**

По целому ряду причин флора и фауна Каспийского, Аральского и Азовского морей обеднены. Один из путей обогащения этих морей и повышения их продуктивности — направленное формирование в них промысловой и кормовой фауны. Увеличение видового разнообразия фитопланктона и макроводорослей также способствует повышению продуктивности морей, так как большинство пищевых цепей в море начинается с водорослей вообще и с одноклеточных водорослей в частности. Обогащение водорослевого состава должно идти в основном за счет вселения водорослей, не имеющих грубого кремневого скелета, который делает их недоступными для копепоид и других кормовых беспозвоночных на ранних стадиях их развития (Карпевич, 1960).

Одним из возможных объектов интродукции в Каспийское и Аральское моря нам представляется одноклеточная зеленая водоросль *Platymonas viridis* Rouch. sp. nov. — мелкий жгутиконосец из семейства *Chlamydomonadaceae* выделенная из планктона Черного моря. Это — подвижная водоросль небольшого размера ( $10-13 \times 5-10 \mu$ ), имеющая правильную эллиптическую форму и мягкую юбочку. Перечисленные качества, а также высокая скорость размножения и способность расти в интенсивной культуре в искусственных условиях позволили использовать эту водоросль в качестве пищевого объекта для различных беспозвоночных (Eddy, 1956; Lear and Oppenheimer, 1962; Flüchter, 1969).

Платимонас обладает к тому же большой лабильностью по отношению к таким условиям окружающей среды, как температура, освещенность, соленость. По-видимому, этим и объясняется его широкое распространение. Он встречается во многих открытых морях земного шара (Butcher, 1959; Mowat, 1962; Castellvi, 1963; Роухияйнен, 1966), хотя в Каспийском и Аральском морях эта водоросль не обнаружена. Согласно полученным нами ранее данными (Спекторова, 1970), черноморский платимонас (*Platymonas viridis* Rouch sp. nov.) способен расти и размножаться в диапазоне от 2 до 100‰. При крайних исследованных точках скорость роста этой водоросли снижалась и составляла соответственно 56 и 40% от максимальной скорости роста. Самая высокая скорость роста наблюдалась при 10—40‰. Интересно, что черноморский платимонас успешно рос на тихоокеанской воде соленостью 35‰, а тихоокеанский платимонас — на черноморской воде соленостью 17‰. Как известно, черноморская вода по своему химиче-

скому составу — это лишь опресненная океаническая вода (Берг, 1908). Было интересно поэтому проверить возможность выращивания платимонаса на воде, по химическому составу отличающейся от океанической.

Нами была предпринята попытка культивирования черноморского платимонаса в лабораторных условиях на аральской и каспийской воде с целью оценки этой водоросли в качестве возможного объекта акклиматизации во внутренних морях. Воды Каспийского и Аральского морей близки по общему количеству солей, но по ионному составу солей различны: в аральской воде находится больше гипса, а в каспийской воде несколько выше общая соленость. При сравнении вод Арала и Каспия с водой Черного моря (а также с океанической) бросается в глаза более высокое содержание в первых двухвалентных ионов Mg, Ca и сульфогруппы, а также бедность их хлоридами (Берг, 1908; Бадер, 1934; Беннинг, 1935).

Культуру платимонаса выращивали в камерах из органического стекла, через которые снизу непрерывно продувалась смесь воздуха с 0,4—0,6% CO<sub>2</sub> из расчета 3 л/мин на 1 л суспензии. Освещали камеры люминесцентными лампами типа ДС-40. Толщина слоя суспензии — 2 см; температура — 28 ± 1° С; освещенность — 12 тыс. лк на поверхности камеры. В каждом эксперименте культура росла в 12 камерах, что давало возможность исследовать влияние шести различных вариантов исследуемого фактора (в нашем случае культуральной среды) в двух повторностях одновременно. Культуральную среду готовили на морской воде различного происхождения (черноморской, каспийской, аральской, а также на смеси черноморской и каспийской и черноморской и аральской воды), Минеральные добавки во всех вариантах были одинаковыми — среда Гольдберга (Goldberg et al., 1951) в нашей модификации: KNO<sub>3</sub> — 0,202 г/л; Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12H<sub>2</sub>O — 0,1 г/л; FeCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O — 0,00027 г/л; MnCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O — 0,00019 г/л; CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O — 0,00023 г/л.

Таким образом, все предполагаемые различия в скорости роста платимонаса могли возникнуть только за счет различий в ионном составе воды, на которой была приготовлена питательная среда. Водоросли для начального засева выращивали на черноморской воде с добавкой элементов по Гольдбергу (см. выше). Во избежание внесения черноморской воды при засеве в новую среду водоросли центрифугировали и клетки затем ресуспендировали в новой среде.

Скорость роста водорослей на той или иной среде определяли по увеличению как числа клеток (подсчет в камере Горяева) в конце эксперимента, так и сухого веса культуры (высушивание при 90° С до постоянного веса отцентрифугированной биомассы клеток). Повторность всех опытов — четырехкратная. Длительность экспериментов — трое суток. За этот срок число клеток в среде успевало увеличиться в 13—18 раз, т. е. число генераций (клетки платимонаса делятся, как правило, пополам) было достаточным, чтобы говорить об адаптации водоросли к той или иной среде. При столь интенсивном росте платимонаса уже через 3—4 дня в среде исчерпывались элементы минерального питания и плотность культуры выходила на плато. Данные по продуктивности платимонаса на средах различного ионного состава представлены в табл. 1.

В качестве контроля в этих экспериментах рассматривали среду, приготовленную на черноморской воде, ибо это обычная среда, на которой мы выращиваем платимонас. Если результат, полученный в контроле, принять за 100%, то урожай водорослей на среде с каспийской водой составит 97%, а на среде с аральской водой — 86% от контроля. На среде, приготовленной на смеси черноморской и аральской воды (1:1), урожай был даже на 27% выше, чем в контроле. Но и в худшем

варианте, на аральской воде, число клеток за трое суток увеличилось почти в 13 раз. Во всех вариантах сухой вес одной клетки практически не менялся.

Таблица 1

Продуктивность платимонаса при выращивании его на среде, приготовленной на морской воде различного происхождения

Вода	Сухой вес биомассы, г/л	Число клеток в 1 мл среды	Во сколько раз увеличилось число клеток за время опыта	Сухой вес клетки, мг
Черноморская	0,525	$3,00 \times 10^6$	15,0	$1,75 \times 10^{-7}$
Каспийская	0,500	$2,92 \times 10^6$	14,6	$1,71 \times 10^{-7}$
Аральская	0,465	$2,58 \times 10^6$	12,9	$1,80 \times 10^{-7}$
1/2 черноморской + 1/2 каспийской	0,485	$2,92 \times 10^6$	14,6	$1,76 \times 10^{-7}$
1/2 черноморской + 1/2 аральской	0,665	$3,71 \times 10^6$	18,5	$1,79 \times 10^{-7}$

Выяснив таким образом принципиальную возможность адаптации платимонаса к каспийской и аральской воде, мы сделали попытку выяснить последствия подобной адаптации и проследить связь между содержанием ионов в клетках платимонаса и ионным составом среды, на которой он был выращен. Анализировалось влияние на ионный (элементарный) состав водорослей содержания в среде Na, K, Ca. По этим трем элементам в основном и различаются между собой океаническая вода и вода Каспия и Арала. Для наших экспериментов черноморскую воду брали в Севастопольской бухте (соленость 17,68‰), каспийскую — близ Махачкалы (соленость 12,17‰), аральскую — в районе Аральска (соленость 12,11‰).

Содержание ионов Na, K и Ca как в культуре платимонаса, выращенной на среде, приготовленной на морской воде различного происхождения, так и в самой среде определяли методом пламенной фотометрии. Методика приготовления проб для анализа заключалась в следующем: отцентрифугированную (4 тыс. об./мин; 7 мин) пробу количественно переносили в колбу Кьельдаля, где ее сжигали в равных объемах концентрированных серной и азотной кислот (Белозерский и Проскуряков, 1951). Полная минерализация навески (80—100 мг сырого веса) достигалась за 2—3 ч при нагревании, после чего пробу разводили дистиллированной водой до объема 50 мл. Истинно содержание в клетках какого-либо компонента, которое в среде (морская вода) может быть более высоким, чем в анализируемом объекте (в водорослях) определить трудно. Дело в том, что даже при отборе морских животных и многоклеточных водорослей для химического анализа довольно сложно учесть количество морской воды, оставшейся в их полостях и на поверхности (Виноградов, 1939). Еще более сложно учесть количество «межклеточной» воды, оставшейся в пробах одноклеточных водорослей. Особенно сложно определить содержание в клетках таких элементов, как натрий, содержание которого в морской воде может быть значительно выше, чем в самих клетках. Предварительно удалить «межклеточную» воду невозможно, так как при простом высушивании нелетучие компоненты (соли) остаются в пробе; при извлечении же воды фильтровальной бумагой какая-то неопределенная часть воды извлекается из самих клеток (Tamiya et al., 1953). Даже при отмывке

изотоническим раствором часть обменных элементов клетки может быть ею потеряна.

Данными Сатклиффа (1964) для дрожжевых клеток, а также нашими экспериментальными и расчетными данными, полученными для платимонаса, показано, что в объеме плотно упакованных после центрифугирования клеток на «межклеточную» воду приходится до 20—30% общего объема осадка. Данные, представленные в этой статье, рассчитаны согласно вышеприведенным результатам, т. е. объем «межклеточной» воды мы принимали равным 20% от общего объема плотно упакованных клеток. Градуировочные кривые для пламенной фотометрии были получены на эталонных растворах Na, K и Ca. Ошибка единичного определения составляла 3%, суммарная ошибка зависела от отбора и приготовления проб водорослей и не превышала 10%. Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Элементарный состав культуральных сред, приготовленных на морской воде различного происхождения, и клеток платимонаса, выращенных на этих средах

Вода	На 1 мг культуральной среды, мг			На 1 г сухого веса клеток, мг			В % на сухое вещество клеток, %		
	Na	K	Ca	Na	K	Ca	Na	K	Ca
Черноморская	6,032	0,518	0,252	23,93	15,35	21,05	2,39	1,53	2,10
Каспийская	0,949	0,163	0,276	15,12	13,22	22,03	1,52	1,32	2,20
Аральская	0,782	0,425	0,388	11,97	12,19	21,36	1,19	1,21	2,13
1/2 каспийской + 1/2 черноморской	3,494	0,341	0,264	17,70	13,70	18,54	1,77	1,37	1,85
1/2 аральской + 1/2 черноморской	3,407	0,471	0,320	19,61	12,84	17,69	1,96	1,28	1,76

Для того чтобы удобнее было проследить зависимость между содержанием элемента в культуральной среде и в культуре водорослей, выращенных на этой среде, представим полученные данные в виде графика (рисунок).

Из рисунка видно, что только по Na обнаруживается четкая корреляция между содержанием элемента в культуральной среде и содержанием его в клетках. Это наблюдение согласуется с полученными нами ранее данными о том, что натрий является лабильным элементом и его содержание в клетках водорослей зависит от целого ряда факторов, одним из которых, в частности, является содержание натрия в среде. Содержание калия и кальция в клетках гораздо более стабильно. Оно практически не меняется при выращивании платимонаса на средах с различным содержанием этих элементов.

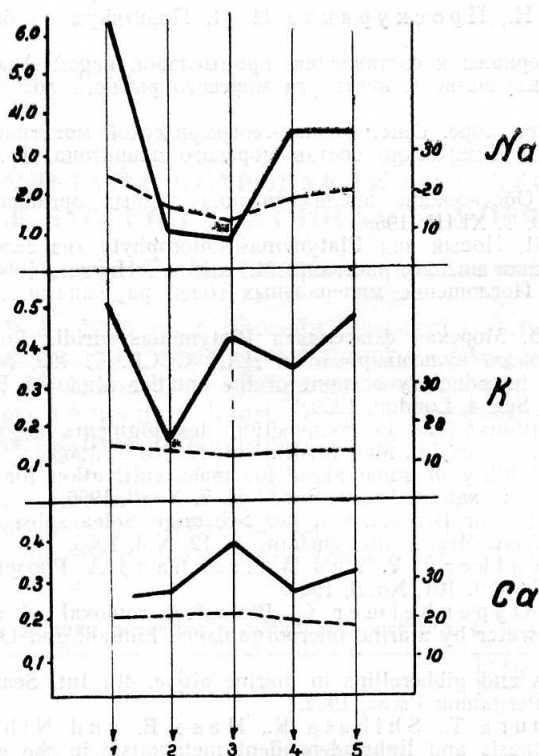
К сожалению, известные нам литературные данные по элементарному составу морских водорослей касаются только многоклеточных водорослей (Vinogradov, 1953; Young and Langille, 1958). Юнг и Лэнджилл, определяя методом пламенной фотометрии содержание Na, K и Ca в многоклеточных морских водорослях разных типов (зеленые, бурые и красные), показали, что содержание Na у этих водорослей колеблется от 1,63 до 4,72%, K — от 2,31 до 7,11% и Ca — от 0,25 до 2,4% на сухой вес пробы. Если вообще такое сравнение правомочно, то можно



сказать, что наши результаты согласуются с результатами этих исследователей. Отсутствие же данных по содержанию различных элементов в клетках одноклеточных морских водорослей объясняется, как нам представляется, прежде всего трудностью учета «межклеточной» морской воды, о которой мы говорили выше.

Содержание элемента  
в 1 мл среды, мг

Содержание элемента в 1 г  
сухого веса водорослей, мг



Зависимость содержания Na, K и Ca в клетках платимонасы от ионного состава культуральной среды, приготовленной на водах:

1 — черноморской; 2 — каспийской; 3 — аральской; 4 — смеси 1:1 черноморской и каспийской; 5 — смеси 1:1 черноморской и аральской (— — — в мг на 1 мл культуральной среды; - - - - в мг на 1 г сухого веса клеток).

### ВЫВОДЫ

1. Одноклеточная морская водоросль *Platymonas viridis* Rouch sp. nov. из семейства Chlamydomonadaceae, выделенная из планктона Черного моря, может успешно расти и размножаться на модифицированной среде Гольдберга, приготовленной на воде Каспийского и Аральского морей. На среде, приготовленной на воде Аральского моря, рост водоросли замедляется на 14%, а на среде, приготовленной на воде Каспийского моря, — лишь на 3%.

2. Физиологические возможности *Platymonas viridis* Rouch sp. nov. оказались достаточно широкими для того, чтобы эта водоросль могла успешно расти и размножаться на среде с повышенным содержанием K и Ca и пониженным содержанием Na (по сравнению со средой, приготовленной на черноморской воде). Наиболее подвижным элементом в системе «организм — среда» оказался Na: его содержание в клетке изменяется в соответствии с изменением содержания этого элемента в

среде. К и Са менее подвижны и обнаруживаются в клетке в одном и том же количестве независимо от содержания их в среде.

3. По целому ряду признаков *Platymonas viridis* Rouch может быть рассмотрен как возможный объект акклиматизации в Каспийском и Аральском морях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бадер Ф. Ф. Состав воды Аральского моря. Исследования озер СССР. Вып. 6, Л., 1934.
- Белозерский А. Н., Проскуряков Н. И. Практикум по биохимии растений. М., 1951.
- Бенинг А. Л. Материалы к составлению промысловой карты Аральского моря. Тр. Аральского отд. научно-иссл. института морского рыбного хозяйства и океанографии. Т. IV, 1935.
- Берг Л. С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии. С — П., 1908.
- Виноградов А. П. Химический состав морского планктона. Тр. ВНИРО. Т. VII, 1939.
- Карпевич А. Ф. Обоснование акклиматизации водных организмов в Аральском море. Тр. ВНИРО. Т. XLIII, 1960.
- Роухияйнен М. И. Новый вид *Platymonas chlorophyta* (из зеленых водорослей). Новости систематики низших растений. М., изд-во «Наука», 1966.
- Сатклифф Д. Ф. Поглощение минеральных солей растениями. М., изд-во «Мир», 1964.
- Спекторова Л. В. Морская флагеллята *Platymonas viridis* Rouch, sp. nov. как объект для массового культивирования. ДАН СССР. Т. 192, № 3, 1970.
- Butcher R. W. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Fish. Invest., Ser. 4, London, 1959.
- Castellvi J. Variations dans la composition des pigments assimilateurs chez un *Platymonas*. Rapp. Comm. int. Mer. Médit. Vol. 17, No. 2, 1963.
- Eddy B. P. The suitability of some algae for mass cultivation for food with special reference to *Dunaliella salina*. J. exp. Bot., Vol. 7, No. 2, 1956.
- Flüchter J. Versuche zur Brutaufzucht der Seeszunge *Solea solea* in kleinen Aquarien. Melgoländer. Wiss. Meeresuntersuchungen, 12, N 4, 1965.
- Goldberg E. D., Walker T. Y. and Whisenand A. Phosphate utilization by diatoms. Biol. Bull., Vol. 101, No. 3, 1954.
- Lear D. W. and Oppenheimer C. Biological removal of radioisotopes. Sr<sup>90</sup> and Y<sup>90</sup> from sea water by marine microorganisms. Limnol. and Oceanogr., 7 Suppl., 1962.
- Mowat J. A. Auxins and gibberellins in marine algae. 4th Int. Seaweed. Symp., Biarritz 1961, Oxford Pergamon Press, 1962.
- Tamiya H., Iwamura T., Shibata K., Hase E. and Nihei T. Correlation between photosynthesis and lightindependent metabolism in the growth of *Chlorella*. Biochim. Biophys. Acta, 12, 1953.
- Vinogradov A. P. The elementary composition of marine organisms. Fishes of the Western North Atlantic, New Haven 1953.
- Young E. Y. and Langille W. M. The occurrence of inorganic elements in marine algae of the Atlantic provinces. Canad. J. Bot., Vol. 36, No. 3, 1958.

#### PLATYMONAS VIRIDIS ROUCH. SP. NOV. AS A POSSIBLE OBJECT OF ACCLIMATIZATION IN THE CASPIAN AND ARAL SEAS.

L. V. Spectorova

#### SUMMARY

*Platymonas viridis* Rouch, sp. nov. can be grown in laboratory conditions on the modified Goldberg medium, prepared with Caspian or Aral Sea water. The rate of growth when using the Aral Sea water was 86%, as compared to the control samples (control: Goldberg medium prepared with Black Sea water), whereas that on the Caspian Sea water medium, was 97%. Flame photometric method was applied to analyse variations in the content of Na, K and Ca ions in the cells of *Platymonas*, grown on the abovementioned media. Na is shown to be most labile of the ions tested, its content in the cells changing, depending on its content in the culture medium, whereas the K and Ca level in the cells remains unchanged, irrespective of their content in the culture medium.

Owing to a number of properties of the algae studied (rapid growth, tolerance to wide changes in environmental conditions, etc.) it is proposed as a possible object of acclimatization in the Caspian and Aral Seas.