

УДК 581.464.09:582.232

С.Ю. ГОРБУНОВА, кандидат биологических наук

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАНУ, г. Севастополь

## КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *SPIRULINA PLATENSIS* (NORDST.) GEITLER НА МИНЕРАЛЬНО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

*Приведены результаты использования стоков птицефабрики в качестве дополнительного источника биогенных элементов при культивировании *Spirulina platensis*, а также дана оценка роста накопительной культуры микроводорослей на минерально-органической питательной среде. Установлена зависимость максимальной продуктивности *S. platensis* от начальной концентрации вытяжки куриного помета в питательной среде.*

**Ключевые слова:** микроводоросли, мелиорация водной среды, питательная среда, вытяжка куриного помета, среда Заррук.

### Введение

В настоящее время широкий спектр применимости микроводорослей складывается из нескольких основных направлений: использование самой биомассы, использование биомассы как сырья для получения каких-либо ценных веществ, а также применение ассимиляционных свойств микроводорослей для мелиорации водной среды [2, 3, 5, 6, 8 – 11]. Эффективность развития этих направлений определяется оптимизацией процессов управляемого культивирования клеток водорослей и, соответственно, обеспечением их потенциально высоких продукционных свойств. Значимость данных исследований также в значительной мере обусловлена нарушениями технологических режимов эксплуатации современных очистных сооружений, которые не способны в полном объеме обеспечить утилизацию и степень очистки, необходимую для сброса стоков в водные объекты. В конечном итоге наносится серьезный экономический, экологический и социальный ущерб не только сельскохозяйственным землям, но и жителям близлежащих населенных пунктов. Решить проблему утилизации и переработки стоков на примере отходов птицефабрик, большую долю которых составляет помет, позволяет способность водорослей ассимилировать в качестве ростового субстрата более 90% всего азота и фосфора сточных вод. В предварительных исследованиях нами было установлено, что, в частности, *S. platensis* при усвоении 1 мг фосфора одновременно потребляет 5 – 6 мг азота [1].

В данной работе исследуется возможность выращивания микроводорослей на минеральных питательных средах с использованием в качестве дополнительных источников биогенных элементов отходов различных сельскохозяйственных производств на примере стоков птицефабрик. Для этого необходимо установить оптимальную сбалансированность питательной среды по компонентному составу биогенных элементов для выращивания *S. platensis* и определить зависимость кинетических характеристик роста *S. platensis* от концентрации вытяжки куриного помета (ВКП), дополнительно вводимой в питательную среду.

### Объекты и методы исследований

Эксперимент проводили в шести вариантах (далее № 1 – контроль, № 2, 3, 4, 5, 6). В качестве дополнительного источника биогенных элементов использовали ВКП,

содержащую все основные элементы питания для микроводорослей. Для этого куриный помет (содержание влаги 76%) разводили водой в соотношении 1:10 и сбраживали в закрытой емкости в течение 2-х сут. Чтобы осадить взвеси и снизить мутность, полученный раствор фильтровали и центрифугировали. рН полученной органической вытяжки составил 7,3. В шесть экспериментальных культиваторов вносили модифицированную питательную среду Заррук. Модификация заключалась в использовании в качестве источников азота и фосфора минеральных солей и вытяжки из куриного помета в разных соотношениях.

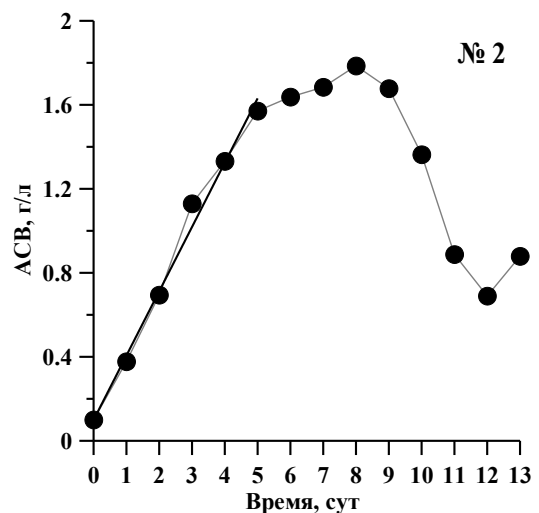
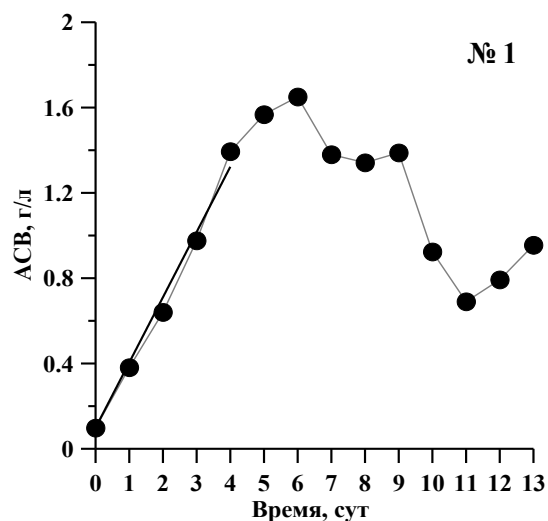
Таким образом, опираясь на литературные данные, по которым в 1 л вытяжки куриного помета, влажность которого 70 – 75%, в среднем содержится 1,1 г азота и 0,9 г фосфора [4], суммарные концентрации по азоту и фосфору соответствовали их концентрациям в стандартной питательной среде Заррук [12]. Прирост биомассы определяли по изменению оптической плотности суспензии на СФ-2000 при длине волны 750 нм. Измерения проводили в кварцевых кюветах с длиной рабочей стороны 1 см.

### Результаты и обсуждение

Микроводоросли выращивали накопительным методом. В каждый культиватор вносили инокулят и питательную среду, начальная плотность культуры во всех культиваторах составляла 0,1 г АСВ·л<sup>-1</sup> (рис. 1).

Следует отметить, что на прирост водорослей за первые сутки эксперимента существенное влияние оказывает уровень концентрации органической вытяжки в питательной среде (рис. 2).

Так как *S. platensis* изначально была адаптирована к питательной среде Заррук, то с первых суток эксперимента в контрольном варианте наблюдается начало линейного роста культуры. В культиваторе № 2 добавление в питательную среду 7,5%-ной органической вытяжки заметного влияния на прирост микроводорослей не оказывает.



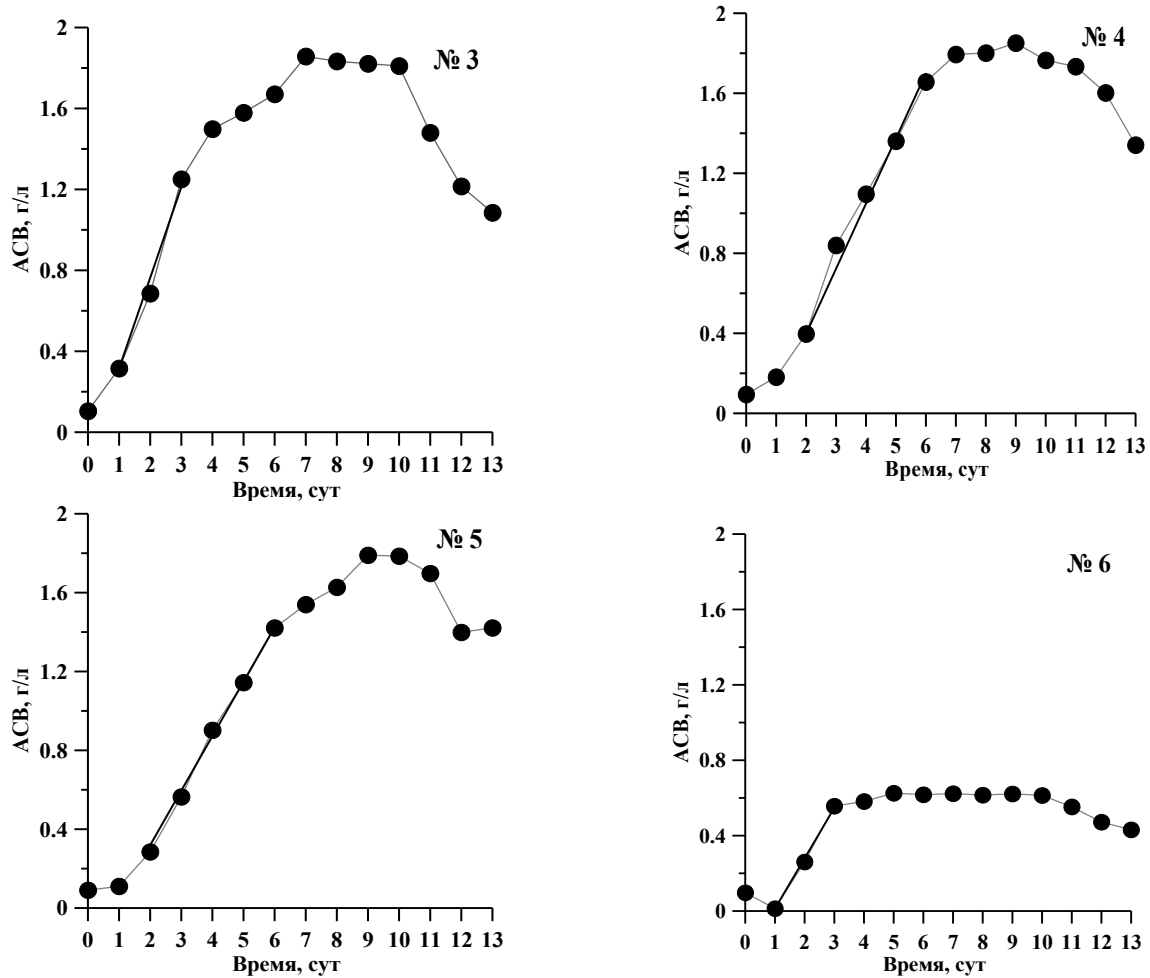


Рис. 1 Динамика плотности накопительной культуры *S. platensis* при различных концентрациях ВКП в культуральной среде

Однако уже в третьем варианте эксперимента первоначальный рост *S. platensis* имеет экспоненциальный характер. Аналогичная тенденция наблюдается и в остальных культиваторах.

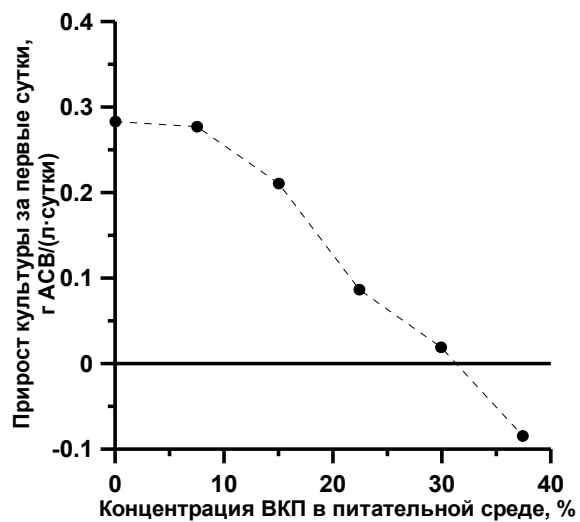


Рис. 2 Зависимость прироста *S. platensis* от концентрации ВКП в питательной среде за первые сутки эксперимента

С увеличением концентрации органической вытяжки в питательной среде прирост водорослей в вариантах № 3, 4 и 5 ниже контрольного на 25,6%, 69,4% и 93,2% соответственно. При этом в опыте № 6 рост вовсе отсутствует и наблюдается отмирание биомассы.

Таким образом, для интенсивного роста на минерально-органической среде культуру *S. platensis* необходимо адаптировать к новым условиям выращивания. И время адаптации имеет обратно пропорциональную зависимость от концентрации ВКП в питательной среде. Аппроксимацией линейной фазы роста [7] вычислили основные характеристики роста культуры для всех вариантов эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

**Параметры роста накопительной культуры *S. platensis* на минерально-органической питательной среде**

№ культиватора	Концентрация ВКП в питательной среде, %	$P_m$ , г/л · сут	$B_o$ , г АСВ/л	$B_{max}$ , г АСВ/л
1	0	0,29	0,1	1,55
2	7,5	0,31	0,1	1,68
3	15	0,46	0,1	1,75
4	22,4	0,33	0,1	1,70
5	29,9	0,27	0,1	1,69
6	37,4	0,27	0,1	0,52

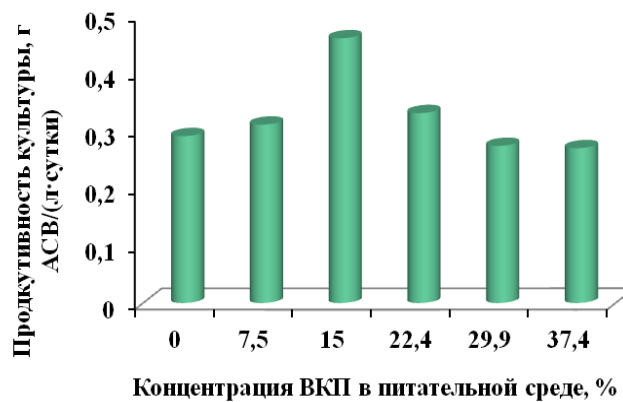
Примечание:

$P_m$  – максимальная продуктивность культуры *S. platensis*, г/л·сут;

$B_o$  – начальная плотность культуры *S. platensis*, г АСВ/л;

$B_{max}$  – максимальная плотность культуры *S. platensis*, г АСВ/л.

На рис. 3 показано, что внесение 15%-ной органической вытяжки из куриного помета стимулирует интенсивный рост *S. platensis*.



**Рис. 3 Зависимость максимальной продуктивности ( $P_m$ ) *S. platensis* от начальной концентрации ВКП в питательной среде**

На 7-е сутки эксперимента в культиваторе № 3 отмечена максимальная продуктивность микроводорослей – 0,46 г/л·сут, что в 1,6 раз выше, чем на стандартной среде Заррук.

### Выводы

Органическая вытяжка куриного помета может служить богатым источником питательных и ростостимулирующих элементов, а также широко использоваться в практике массового культивирования микроводорослей. Экспериментально показано, что при выращивании спирулины на питательной среде с 15%-ной вытяжкой из куриного помета, продуктивность культуры в 1,6 раза выше, чем на стандартной среде Заррук. Таким образом, для приготовления культуральных сред можно использовать не только химические питательные смеси и минеральные воды, но и стоки птицефабрик, что позволит существенно снизить себестоимость биомассы *S. platensis*. Такой подход позволит решить немаловажную проблему утилизации отходов птицефабрик, проблемы экологического, энергетического, агрохимического характера и послужит основой для создания в сельскохозяйственном производстве безотходных экологически чистых технологий.

### Список литературы

1. Горбунова С.Ю. Продуктивность культуры *Arthrospira platensis* (Nordst.) Geitl. (Суаногосаргота) при различной обеспеченности минеральным фосфором / С.Ю. Горбунова, А.Б. Боровков, Р.П. Тренкеншу // Альгология. – 2011. – № 3. – С. 374 – 384.
2. Горбунова С.Ю. Об эффективности использования микроводорослей в промышленной биотехнологии с целью мелиорации водной среды и получения кормов для различных отраслей сельского хозяйства / С.Ю. Горбунова, Я.Д. Жондарева // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона. – 2012. – Т. 2. – С. 114 – 119.
3. Гудилин И.И. Биотехнология переработки органических отходов и экология / И.И. Гудилин, А.Ф. Кондратов, А.А. Чичин – Новосибирск: Кн. изд-во, 1999. – 39 с.
4. Лысенко В.П. Подготовка и переработка помета на птицефабриках / В.П. Лысенко – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2006 – 126 с.
5. Штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* BIN для получения биомассы и очистки сточных вод: Пат. 2192459 (RU), МКП С12N1/12. Н.И. Богданов (RU); заявитель Богданов Николай Иванович (RU). – № 2001110341/13; Заявл. 18.04.2001, Опубл. 10.11.2002, № 31.
6. Саут Р. Основы альгологии: [пер. с англ. К. Л. Тарасов] / Р. Саут, А. Уиттик. – М.: Мир, 1990. – 597 с.
7. Тренкеншу Р. П. Простейшие модели роста микроводорослей. 1. Периодическая культура / Р.П. Тренкеншу // Экол. моря. – 2005. – Вып. 67. – С. 89 – 97.
8. Borowitzka M.A. Vitamins and fine chemicals from micro-algae / M.A. Borowitzka, L.J. Borowitzka // Micro-algal biotechnology. – 1988. – P. 153 – 196.
9. Muller-Feuga A. The role of microalgae in aquaculture: situation and trends / A. Muller-Feuga // J. Appl. Phycol. – 2000. – Vol.12. – P. 527 – 534.
10. Richmond A. Microalgal biotechnology at the turn of the millennium: A personal view / A. Richmond // J. Appl. Mycology. – 2000. – Vol.12. – P. 441 – 451.
11. Spolaore P. Commercial applications of microalgae (Review) / P. Spolaore, C. Joannis-Cassan, E. Duran et al. // J. Biosci. Bioeng. – 2006. – Vol.101, №. 2. – P. 87 – 96.
12. Faucher O. Utilization of seawater – urea as a culture medium for *Spirulina maxima* / O. Faucher, B. Coupal, A. Leduy // National Research Counsel of Canada. – 1979. – P. 752 – 759.

Статья поступила в редакцию 16.05.2013 г.

S.Yu. GORBUNOVA, *PhD in Biology*

Institute of Biology of the Southern Seas by A.O. Kovalevsky, NAS of Ukraine, Sevastopol

**SPIRULINA PLATENSIS (NORDST.) GEITLER CULTIVATION ON MINERAL-ORGANIC NUTRIENT MEDIA**

It is experimentally established that the use of poultry farms' waste for preparation culture mediums and intensive cultivation of *Spirulina platensis* increases productivity of microalgae in 1,6 times compared to the control, and allows significantly to reduce the cost of *S. platensis* biomass.

С.Ю. ГОРБУНОВА, *кандидат біологічних наук*

Інститут біології південних морів ім. А.О. Ковалевського НАНУ, м. Севастополь

**КУЛЬТИВУВАННЯ *SPIRULINA PLATENSIS* (NORDST.) GEITLER НА МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНОМУ ПОЖИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Експериментально встановлено, що використання стоків птахофабрик для приготування культуральних середовищ і інтенсивного культивування *Spirulina platensis* забезпечує підвищення продуктивності мікроводоростей в 1,6 рази в порівнянні з контролем, а також дозволяє істотно знизити собівартість біомаси *S. platensis*.

С.Ю. ГОРБУНОВА, *кандидат биологических наук*

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАНУ, г. Севастополь

**КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *SPIRULINA PLATENSIS* (NORDST.) GEITLER НА МИНЕРАЛЬНО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

Экспериментально установлено, что использование стоков птицефабрик для приготовления культуральных сред и интенсивного культивирования *Spirulina platensis* обеспечивает повышение продуктивности микроводорослей в 1,6 раза по сравнению с контролем, а также позволяет существенно снизить себестоимость биомассы *S. platensis*.