

Бареневу Р.Н.  
Николай Сергеев



МЯСАЛЬНИКОВА

**ХЛОРЕЛЛА-  
НОВЫЙ ВИД  
КОРМА**



МОСКВА «КОЛОС» 1977

636.04

С16

УДК 636.085:639.64(082.1)

Сальникова М. Я.

С 16 Хлорелла — новый вид корма. М., «Колос», 1977.

96 с. с ил. (Новое в сельск. хоз-ве).

В книге обобщен материал исследований автора, отечественных и зарубежных ученых по выращиванию и использованию в кормлении сельскохозяйственных животных водоросли хлореллы.

Подробно приведены технология выращивания, химический состав, способы консервирования, нормы скармливания. Показаны кормовые достоинства, влияние водоросли на продуктивность и качество продукции различных сельскохозяйственных животных.

Предназначена для специалистов и научных работников.

С 40703—008  
035(01) — 77 135 — 77

636.04

© Издательство «Колос», 1977

## ВВЕДЕНИЕ

Перед сельским хозяйством поставлена задача значительного увеличения объема производства животноводческой продукции для более полного удовлетворения потребностей населения в продуктах питания и промышленности в сырье. Одним из важнейших условий выполнения этой задачи является создание прочной кормовой базы в животноводстве.

В настоящее время посевные площади и естественные кормовые угодья не всегда могут обеспечить полноценное кормление животных, поэтому во многих странах мира ведется интенсивный поиск кормового сырья путем использования новых ресурсов.

Большая часть нашей планеты покрыта водой, и водной растительности на ней гораздо больше, чем земной. По приблизительным подсчетам, ежегодно на земле синтезируется 382 млрд. тонн органического вещества, из них 325 млрд. тонн приходится на долю водной растительности.

Водоросли широко распространены в природе: от полярных стран до тропиков, от двухсотметровой глубины океана до высоких гор. Они растут в воде и на суше, в снегу и в горячих источниках, поэтому прямо или косвенно служат пищей для обитателей морей и океанов, рек и озер, которые, в свою очередь, используются в корм сельскохозяйст-

венным животным и являются продуктом питания для человека.

Например, на Сандвичевых островах из 115 видов водорослей около 60 население употребляет в пищу. Наибольшей известностью во многих странах мира пользуются так называемая морская капуста, представляющая собой ламинарию, и близкие к ней виды бурых водорослей. Из этих водорослей в приморских местностях научились готовить супы, салаты, приправы. Из красных водорослей в пищу используют порфиру, известную под названием «красного морского салата», а из зеленых — ульву — «зеленый морской салат».

Водоросли имеют большое народнохозяйственное и промышленное значение. Незаменимый агар-агар, который употребляется для приготовления питательных сред, кондитерских изделий и гланцевания бумаги, изготавливают из красных водорослей. Золу некоторых бурых и красных водорослей используют для получения йода и других ценных микро- и макроэлементов. Измельченные водоросли и золу используют для удобрения полей.

Применение находят не только живые водоросли, но и отмершие. Например, диатомит, образованный в результате отмирания диатомовых водорослей, широко применяется в технике, строительстве, пищевой и химической промышленности.

В континентальных водоемах отмершие водоросли (в основном планктонные и синезеленые) образуют сапропели — органический ил коллоидального характера. Сапропели используют как органическое удобрение,

для грязелечения и минеральной подкормки животных.

Из сапропелей, отложившихся в прошлые геологические эпохи, образовались сапропелиты, или сапропелевые угли, которые используют как топливо. Несколько месторождений сапропелитов находится на территории нашей страны.

Почвенные водоросли также способствуют повышению урожайности растений путем усиления ферментативных процессов в почве, обеспечивающих подвижность элементов питания, а также накопление ряда органических и минеральных веществ. Некоторые виды водорослей фиксируют в почве атмосферный азот. Таким образом, водоросли и их применение весьма разнообразны.

Эта книга подробно знакомит читателя лишь с одним видом водорослей — хлореллой.

Одноклеточная микроскопическая планктонная водоросль широко распространена в природе. Она образует зеленый налет на сырой почве, коре деревьев, различных подводных предметах. В воде рек и озер хлорелла находится во взвешенном состоянии. Размер ее клеток от 0,002 до 0,01 мм в диаметре. Впервые описание водоросли дал Пристли в конце XVII века, но лишь в 1890 г. голландский микробиолог Бейеринк выделил самостоятельный вид *Chlorella vulgaris*.

В 40-х годах нашего столетия была доказана возможность выращивания одноклеточных водорослей в производственных масштабах.

В последние годы работа по массовому культивированию хлореллы приняла еще

больший размах. Наметились четыре основных аспекта ее использования (Пиневич, 1961).

1. Выращивание водорослей для получения ценных органических веществ (белок, жиры, витамины) и их использование в кормовых, пищевых целях и как сырья для фармацевтической промышленности.

2. Культивирование водорослей в сточных водах в симбиозе с бактериями для стабилизации органического вещества сточных вод и сбора водорослей для их последующей переработки.

3. Использование азотфикссирующих водорослей для повышения плодородия почвы.

4. Использование одноклеточных водорослей как одного из звеньев замкнутого экологического цикла при космических полетах.

В СССР и в ряде других стран с интенсивно развитым животноводством проблема белковых кормов занимает одно из ведущих мест в вопросах организации кормления сельскохозяйственных животных. Ведутся поиски и разрабатываются методы промышленного производства растительных белков. Перспективной в этом отношении является хлорелла, которую используют в рационе рыб, птицы, свиней, овец, кроликов и крупного рогатого скота. В настоящее время ее выращивают в хозяйствах различных зон страны. Однако следует отметить, что вопросы значения водоросли, ее использования и способов выращивания не нашли достаточного отражения в литературе. Предлагаемая читателю книга призвана в какой-то мере восполнить этот пробел.

## ВЫРАЩИВАНИЕ ХЛОРЕЛЛЫ

Выращивание хлореллы предполагает прежде всего подбор определенных штаммов водоросли и создание для них надлежащих условий, обеспечивающих высокий урожай.

### Посевной материал

Одноклеточные водоросли составляют многочисленную группу водной растительности. Они не связаны с грунтом дна, находятся в воде во взвешенном состоянии и могут жить в океанах, морях, озерах, реках, прудах и других водоемах. Обитая в разнообразных условиях, эти водоросли обладают хорошей приспособляемостью к меняющимся условиям среды и большой выносливостью (Moyse, 1956). В частности, они могут переносить охлаждение до нескольких градусов и сильное высушивание. Среди них есть формы более теплолюбивые, температурный оптимум жизнедеятельности для которых находится в пределах 35 — 40°C, и менее теплолюбивые, оптимум для которых соответствует 22 — 27°C. В резко изменяющихся условиях среды водоросли снижают свой рост и развитие. В наиболее тяжелых условиях, например в зимнее время, они переходят в покоящееся состояние, проявляют сезонную периодичность активности (Феоктистова, 1965).

Для посева можно подбирать хлореллу из разных географических и экологических зон так, чтобы периоды активности у них приходились на разное время года. Чередуя различные штаммы этой водоросли, при разведении можно получать стабильные урожаи круглый год.

Работами Горюновой и Овсянниковой (1962) доказано, что активные виды и штаммы хлореллы могут быть выделены из определенной воздушной, водной или почвенной среды. Следует заметить, что самая благо-

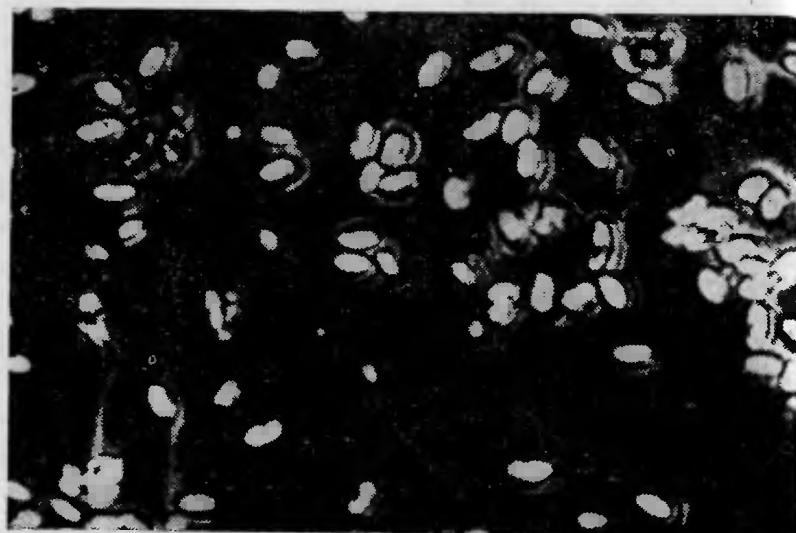


Рис. 1. Хлорелла под микроскопом.

приятная из этих сред — водная. Поэтому наиболее распространенные виды хлореллы и выделены из водной среды. В условиях массового производства наиболее распространенными видами хлореллы являются: в Америке — *Chlorella pyrenoidosa*, в СССР и ФРГ — *Chlorella vulgaris*, в Японии — *Chlorella ellipsoidea*.

Классификацией хлореллы занимались многие исследователи, однако единого мнения о количестве видов не сложилось. Одни из них признают семь видов водоросли, другие — 19 (Андреева, 1970). Виды состоят из штаммов. К 1976 г. их было 86. Штаммы подразделяют на термофильные (высокотемпературные), мезофильные

(среднетемпературные) и криофильтные (низкотемпературные).

Выделенные в природе штаммы хранят в специальных лабораториях, откуда их можно получить для размножения. Отечественные коллекции водорослей есть в Ленинграде при Биологическом институте ЛГУ, в Киевском институте ботани-

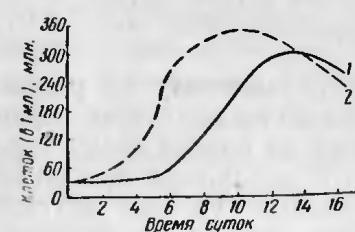


Рис. 2. Показатели роста хлореллы на различных средах:  
— на среде Тамия; --- на навозной жиже (1:20).

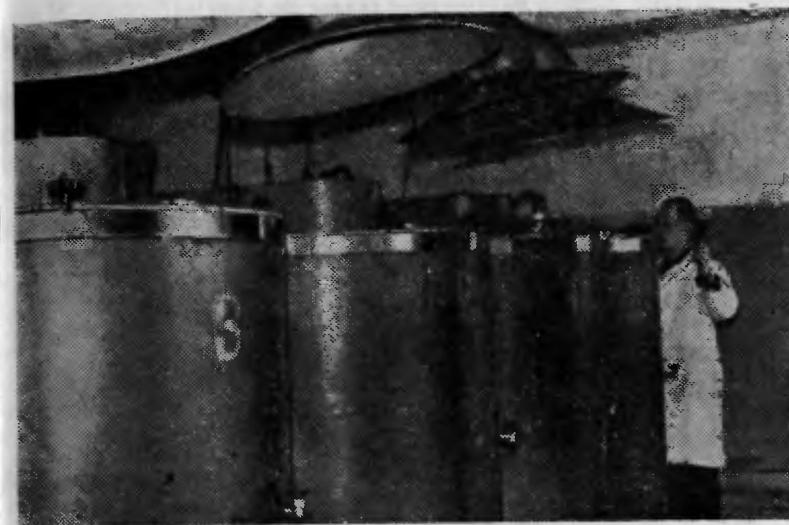


Рис. 3. Установка-ферментатор используется при закрытой глубинной системе выращивания хлореллы.

ки Украинской академии наук и в Институте ботаники АН Узбекской ССР.

Кроме СССР, коллекции водорослей созданы в крупнейших университетах мира. Наибольшей известностью пользуются коллекции водорослей Кембриджского университета, Геттингенского, Токийского (Watanabe, 1960), а также университета Индианы (Starr, 1960).

Однако не всегда исследователи пользуются готовыми штаммами, полученными из той или иной коллекции. В отдельных случаях предпочитают использовать штаммы непосредственно из природы. Это осуществляют по следующей методике: хлореллу высевают на жидкие или твердые среды, очищают от бактерий. Водоросли могут быть отмыты от бактерий центрифугированием в течение 3—5 мин при 3000 оборотах. При более длительном центрифугировании на дно пробирки оседают не только водоросли, но и бактерии, поэтому увеличивать время не рекомендуется. Осадок центрифужной пробирки пересевают на стерильную воду и снова центрифугируют. Так делают трижды. Отмытые клетки используют для посева на пластинку со средой № 1 или № 3. Посев производят истощающимся мазком.

**Состав питательной среды № 1 (мг/л):**

фосфорнокислый калий . . . . .	66,6
сернокислый магний . . . . .	33,3
азотнокислый калий . . . . .	100
раствор микроэлементов . . . . .	1
pH . . . . .	6,8;
<b>микроэлементы (г/л)</b>	
сериокислый цинк . . . . .	0,022
сернокислый марганец . . . . .	1,81
сериокислая медь . . . . .	0,079
бориокислый натрий . . . . .	2,63
молибденовокислый аммоний . . . . .	1
сериокислое железо . . . . .	9,3
хлористый кальций . . . . .	1,2
cobальт азотнокислый . . . . .	0,02
ЭДТА (диэтилтетрауксусная кислота) . . . . .	10

Раствор микроэлементов готовят впрок. Для рабочей среды берут 1 мл раствора на каждый литр среды.

Состав среды № 3 идентичен среде № 1, к которой добавлено 1 г/л пептона, 1 г глюкозы и 1 мл дрожжевого сока, рН 6,8.

Засеянные чашки выдерживают на свету в течение 3—4 дней, затем под микроскопом в боксе производят отсев лучших колоний на стерильную среду. В том случае, если на поверхности агара появляется много быстрорастущих бактериальных колоний, срок выращивания может быть сокращен. Если посторонних микроорганизмов мало и они мелкие, время выращивания увеличивают. Из каждого образца, выращенного в чашках, засевают по 3—4 пробирки со стерильной жидкостью. В зависимости от скорости роста пробирки выдерживают на свету от 7 до 30 дней. Пробирки, в которых жидкость мутнеет, отбраковывают. В остальных жидкость просматривают под микроскопом с объективом 90 и лучшие из них используют для дальнейшего размножения.

Выделенные из природы штаммы хранят на агаровых средах при слабом освещении или в песке (Жданников и др., 1964). Для размножения их пересевают на жидкую среду в колбы и оставляют при интенсивном освещении, взбалтывают 3—4 раза в течение 5 минут. Для дальнейшего размножения посевного материала используют емкости больших размеров из натурального или органического стекла, создают при этом по возможности стерильные условия культивирования.

В нашей стране выращивать хлореллу можно преимущественно в закрытых помещениях при обеспечении необходимого температурного и светового режима, а под открытым небом лишь в летние месяцы. Для выбора штамма хлореллы при выращивании под открытым небом необходимо учитывать климатические и погодные условия. Вместе с тем это не означает, что в южных районах можно выращивать только термофильные, а в умеренных — мезофильные штаммы.

Комбинированные культуры микроводорослей для условий открытых водоемов являются более выгодными, поэтому их рекомендуют японские (Накатига, 1961) и узбекские (Музрафов, Таубаев, 1974) исследователи.

В отличие от наземных растений у одноклеточных форм одна микроскопическая клетка выполняет все жизненные функции. Для роста и развития хлореллы необходимы вода, минеральные вещества, углекислый газ для фотосинтеза и кислород для дыхания. При создании оптимального режима выращивания и правильном подборе штаммов можно получить за короткое время большой прирост биомассы. Способность к интенсивному накоплению органического вещества, к быстрому и в благоприятных условиях непрерывному размножению у водорослей лучшая, чем у высших растений (Баславская и др., 1961). Суммарный коэффициент полезного использования поглощенного света при фотосинтезе у них может составлять до 21% (Чесноков, 1961).

Процесс размножения протококковых водорослей сравнительно прост. Материнская клетка достигает зрелости, делится на две, четыре, а в ряде случаев на восемь и более частей в зависимости от формы водорослей и условий культивирования мелких дочерних клеток, которые в хороших условиях сразу же начинают активную жизнедеятельность. Вновь образовавшиеся клетки богаты хлорофиллом, способны к активному фотосинтезу и могут сильно увеличиваться в размерах. Для этого необходим свет. Недостаток света и питания задерживает развитие клеток на длительное время. Однако последние стадии подготовки к размножению могут пройти и в отсутствие света, поэтому водоросль не задерживает развития при периодическом суточном освещении. Условия для наилучшего размножения хлорел-

лы на разных стадиях могут существенно меняться. Та  
наприменено, что для процесса подготовки биоршин и др. (1964) рассчитали распределение света в  
размножению необходимо усиленное питание клетусспензии хлореллы при освещении различными источ-  
фосфором и серой, а для более интенсивного роста чиками лучистой энергии. Источниками света были солн-  
азотом и железом.

При недостаточном освещении, плохом снабжени<sup>ДРЛ-1000 и НД-2</sup> Авторы рекомендуют комбинировать  
углекислым газом, ограниченном минеральном питанием различные источники света с тем, чтобы регулировать  
рост и развитие клеток идут медленно, а ко времени<sup>в состав физиологически активной радиации.</sup>  
подготовки к делению они остаются мелкими, у них Водоросли могут расти при сравнительно невысо-  
мало образуется дочерних клеток.

Оптимальная исходная плотность посевного материала — всего отрицательно влияет на их рост. Однако  
ла — 2 — 5 или 5 — 10 млн. клеток в 1 мл, что в пересчете на вес означает от 20 до 100 мг хлореллы в 1 л. Водоросли могут расти при сравнительно невысо-  
счете на вес означает от 20 до 100 мг хлореллы в 1 л. Водоросли могут расти при сравнительно невысо-  
литре.

Годнев, Ляхнович и Орловская (1964) проследили  
При выращивании хлореллы в производственных условиях ветовую адаптацию хлореллы к повышенной интенсив-  
масштабах важно создать для нее все необходимые условия света при постепенном увеличении светового пото-  
ловия, обеспечивающие максимальный урожай. Примерно Супензию выращивали при толщине слоя 2,4 и  
этом в дальнейшем можно производить частичный сбор 3 см. Освещенность увеличивалась от 2 до 14,85 тыс. лк.  
урожая и ежедневное обновление культуры. Постоянно Источником света были лампы ДС-40, продолжитель-  
обновляемая среда не тормозит рост дочерних клеток. Интенсивность освещения составляла 14 часов в сутки (табл. 1).  
Некоторые исследователи (Музафаров, Таубаев, Якубов, 1972) указывают на целесообразность подбора штаммов, имеющих среднюю величину клеток (5  $\mu\text{m}$  со временем у хлореллы произошла адаптация на 6  $\mu\text{m}$  в диаметре), поскольку крупные клетки при проутильение интенсивности света и урожай водоросли уве-  
известном культивировании быстро оседают, а это тормозит рост и развитие дочерних клеток, снижающее количество образцов был почти одинаковым, то во втором опыте число клеток увеличилось в два с лишним раза.

Когда кривая роста хлореллы достигает вершины <sup>раза.</sup> В этих же опытах были получены интересные дан-  
 дальнейший прирост биомассы резко замедляется, на-  
ступает период сбора урожая.

Урожай можно снимать полностью с последующим повторным посевом или частично (до 50%). При ча-  
стичном сборе оставшаяся в установке супензия явления выращивания тенденция уменьшения хлорофилла и раз-  
ается посевным материалом для дальнейшего выращи-  
вания хлореллы.

### Световой фактор

Условия фотосинтеза и роста хлореллы различны при естественном и искусственном освещении, однако в любом случае для получения наибольших суточных приростов биомассы необходимо добиваться более высокой рабочей плотности супензии с сохранением высокого суточного коэффициента размножения. Порог светового насыщения будет зависеть от глубины

водорослей существует много мнений. Так, Минеева (1962) при культивировании *Clorella vulgaris* рекомен-  
дует использовать освещенность в пределах 700 — 2000 лк, а Горюнова и Овсянникова (1962) — до 6—

8 тыс. лк. Если освещать супензию водорослей светом в любом случае для получения наибольших суточных приростов биомассы необходимо добиваться возможности ускорение процессов фотосинтеза, затем при дальнейшем повышении интенсивности света положительный эффект постепенно уменьшается.

Таблица 1  
Рост числа клеток хлореллы (млн.) на 1 кв. см при разной интенсивности освещения и толщине слоя супензии 2, 4, 8 см (по Годневу, Ляхновичу и Орловской)

Сутки	2000 люксов								4500 люксов							
	2	4	1	8	2	4	1	8	2	4	1	8	1	2	1	8
2	1,10	—	1,50	—	5,50	—	6,78	—	8,67	—	2,7	—	2,8	—	4	—
4	1,65	—	2,66	—	1,65	5,40	12,80	—	15,50	18,70	10,7	—	17,00	—	5,55	18,70
5	—	7,20	—	7,90	—	12,05	21,20	—	19,80	—	26,00	—	20,0	—	51,50	50,00
6	—	—	—	—	—	—	—	30,16	—	24,16	—	27,25	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	16,50	17,20	—	34,80	—	27,80	—	30,00	23,7	22,0	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,0	—	80,00	78,25
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69,20
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85,25
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98,50
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Сутки	8000 люксов								14850 люксов								
	2	4	1	8	2	4	1	8	2	4	1	8	1	2	1	8	
2	1,35	—	1,85	—	7,85	—	9,40	—	6,1	7,2	7,65	—	13,8	—	11,8	—	
4	—	—	—	—	22,00	—	24,50	—	24,5	18,5	20,50	—	41,5	—	33,0	—	
5	21,75	—	23,25	—	29,50	—	—	—	36,0	32,2	29,00	—	—	—	—	—	
6	—	—	—	—	—	32,00	—	29,75	—	—	—	—	50,5	—	40,5	—	
7	28,25	—	37,50	—	43,00	—	38,50	—	36,00	29,20	52,0	—	58,0	—	54,0	51,0	
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58,5	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	—	67,70	—	65,70	—	61,70	—	—	73,0	—	59,0	—	
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68,5	
12	—	—	—	—	—	67,50	—	69,0	—	71,50	—	69,00	—	60,25	—	77,5	—
13	—	—	—	—	—	67,50	—	67,50	—	67,50	—	67,50	—	67,50	—	84,5	—
14	—	—	—	—	—	63,50	—	63,50	—	63,50	—	63,50	—	63,50	—	63,50	—

Сутки	8000 люксов								14850 люксов								Каротиноиды (мкг/л) супензии
	2	4	1	8	2	4	1	8	2	4	1	8	1	2	1	8	
2	10,430	—	10,430	—	4,788	—	15,218	—	4,005 · 10 <sup>-8</sup>	—	2,747 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0343	—	2,1	—	1,330
4	6,882	—	6,882	—	3,268	—	10,150	—	3,580 · 10 <sup>-8</sup>	—	2,787 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0445	—	2,1	—	8,434
5	—	—	—	—	7,928	—	10,950	—	1,585 · 10 <sup>-8</sup>	—	1,005 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0457	—	1,6	—	10,420
6	—	—	—	—	6,265	—	9,434	—	1,587 · 10 <sup>-8</sup>	—	1,005 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0208	—	1,9	—	1,384
7	—	—	—	—	19,770	—	7,871	—	27,641	—	2,712 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0628	—	2,5	—	2,696
8	—	—	—	—	19,254	—	7,464	—	26,718	—	2,712 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0321	—	2,1	—	1,954
9	—	—	—	—	3,899	—	2,351	—	6,250	—	0,962 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0119	—	1,6	—	2,126
10	—	—	—	—	6,350	—	2,710	—	9,060	—	1,384 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0262	—	2,3	—	1,503
11	—	—	—	—	9,525	—	4,414	—	13,939	—	1,877 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0581	—	2,1	—	1,161
12	—	—	—	—	4,528	—	1,410	—	5,938	—	1,765 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0216	—	2,2	—	2,428
13	—	—	—	—	4,266	—	1,283	—	5,549	—	1,532 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0233	—	2,9	—	2,922
14	—	—	—	—	9,806	—	2,464	—	12,270	—	1,158 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0238	—	3,2	—	1,901
15	—	—	—	—	9,217	—	1,966	—	11,183	—	1,364 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0208	—	3,9	—	4,536
16	—	—	—	—	6,941	—	0,962	—	7,903	—	0,815 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0316	—	4,6	—	5,021
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0206	—	7,2	—	3,532

Сутки	8000 люксов								14850 люксов								Каротиноиды (мкг/л) супензии
	2	4	1	8	2	4	1	8	2	4	1	8	1	2	1	8	
2	10,430	—	10,430	—	4,788	—	15,218	—	4,005 · 10 <sup>-8</sup>	—	2,747 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0343	—	2,1	—	1,330
4	6,882	—	6,882	—	3,268	—	10,150	—	3,580 · 10 <sup>-8</sup>	—	2,787 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0445	—	2,1	—	8,434
5	—	—	—	—	7,928	—	10,950	—	1,585 · 10 <sup>-8</sup>	—	1,005 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0457	—	1,6	—	10,420
6	—	—	—	—	6,265	—	9,434	—	1,587 · 10 <sup>-8</sup>	—	1,005 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0208	—	1,9	—	1,384
7	—	—	—	—	19,770	—	7,871	—	27,641	—	2,712 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0628	—	2,5	—	2,696
8	—	—	—	—	19,254	—	7,464	—	26,718	—	2,712 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0321	—	2,1	—	1,954
9	—	—	—	—	3,899	—	2,351	—	6,250	—	0,962 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0119	—	1,6	—	2,126
10	—	—	—	—	6,350	—	2,710	—	9,060	—	1,384 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0262	—	2,3	—	1,503
11	—	—	—	—	9,525	—	4,414	—	13,939	—	1,877 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0581	—	2,1	—	1,161
12	—	—	—	—	4,528	—	1,410	—	5,938	—	1,765 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0216	—	2,2	—	2,428
13	—	—	—	—	4,266	—	1,283	—	5,549	—	1,532 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0233	—	2,9	—	2,922
14	—	—	—	—	9,806	—	2,464	—	12,270	—	1,158 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0208	—	3,2	—	1,901
15	—	—	—	—	9,217	—	1,966	—	11,183	—	1,364 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0316	—	4,6	—	5,021
16	—	—	—	—	6,941	—	0,962	—	7,903	—	0,815 · 10 <sup>-8</sup>	—	0,0206	—	7,2	—	3,532

В опытах Майерса (1958) освещенность в 400 клк явилась насыщающей. Световое насыщение хлореллы получает при прямо падающем свете, но его можно избежать, если при помощи тех или иных оптических средств по возможности равномерно распределить энергию солнечной радиации не только на поверхности супензии, но и по всему ее объему.

Майерс и др. (1961) пытались применить световой диффузор, но не достигли желаемых результатов. Более просты и выполнимы приемы перемешивания супензии. Оно должно осуществляться так, чтобы клетки постоянно и быстро меняли свое положение по глубине чтобы они по очереди выходили во внешние освещенные слои, получали короткую порцию сильного освещения, а затем погружались во внутренние слои и че-

рез них возвращались в верхний слой. Время цикла перемешивания определяется временем пребывания клеток в верхнем слое. Для этого необходимо определить высоту слоя супензии, от ее плотности и от оптимальной температуры культивирования. В одном случае он может быть при интенсивности света 1000 лк (Моиз, 1956), в другом — при 14 тыс. лк (Сорокин, 1964), а в некоторых случаях даже при 75 — 90 тыс. лк (Терсков и др., 1964).

Таблица 2  
Накопление пигментов хлореллы при разной освещенности

рез некоторое время снова выходили на освещаемую поверхность. По этому принципу построены почти все производственные и полупроизводственные установки для выращивания водорослей.

Идеальная скорость перемешивания та, которая соответствует продолжительности световой реакции фотосинтеза. Для этого каждая клетка должна быть 0,001 м в интенсивном свете и 0,10 с при слабом свете или почти в темноте (Ничипорович, 1961).

В практических условиях такую точную интенсивность перемешивания сложно обеспечить. Технические возможности современных установок не позволяют пока достичь условий максимального фотосинтеза. В действующих глубоких установках в темноте клетки находятся лишь в 10—15 раз больше, чем на свету.

Величина урожая хлореллы зависит не только от правильного подбора освещения. Необходимо, чтобы все другие параметры выращивания также соответствовал норме. Освещенность тесно связана с составом питательной среды, температурой и другими факторами.

Интенсивность освещения должна быть прямо пропорциональна температуре среды. Клячко-Гурвич и Семененко (1965) рекомендуют при температуре 27°C освещение в 2200 лк, а при 34°C — 12 000 лк.

Различные элементы состава минеральной среды связаны с освещенностью неодинаково. В опытах Нечицю (Necsoiu, 1965) было выявлено, что фосфор и азот положительно влияли на ход фотосинтеза при освещенности 10—25 тыс. лк, а калиевые удобрения — при меньшем освещении.

При выращивании хлореллы на кормовые цели максимальная освещенность не должна превышать 20 тыс. лк. При этом используют лампы накаливания, газоразрядные, люминесцентные или солнечный свет. В всех случаях водоросли тщательно перемешивают помощью механических лопастей, барботажа, перекачивающих насосов.

#### Температурный режим

Уже было отмечено, что в зависимости от оптимальной температуры культивирования штаммы хлореллы разделяют на криофильные, мезофильные и термофильные. Термофильные штаммы более высокоурожайны, однако не всегда.

Таблица 3  
Урожай хлореллы по месяцам года (г сухого вещества на 1 м<sup>2</sup> в сутки)  
(по Пиневичу и Верзлину, 1963)

Размер установки, м <sup>2</sup>	Месяц						
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль
6,3	—	—	—	—	—	—	5,2
14,5	—	—	—	—	—	6,2	10,2
3,6	18,1	—	—	18,8	21,2	20,0	14,0
19,6—78,5*	1,6	2,2	5,5	11,5	18,5	14,0	9,1
4000**	0,7	0,6	0,5	2,0	2,2	2,0	1,8

Продолжение

Размер установки, м <sup>2</sup>	Месяц					Автор
	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
6,3	3,8	2,8	2,9	—	—	Gummert и др., 1953 (ФРГ)
14,5	9,1	—	—	—	—	Енеbo и др., 1956 (Швеция)
3,6	—	—	—	—	—	Mayer и др., 1958 (Израиль)
19,6—78,5*	13,4	12,3	9,0	5,0	2,0	Kanazawa, 1958 (Япония)
4000**	4,0	3,0	2,7	1,3	1,4	Nakamura, 1961 (Япония)

\* С июля по декабрь выращивали спондесмус.

\*\* Расчет сделан на основании приведенного в работе графика.

Махмадбеков (1966) в условиях Таджикистана изучил элементов среды и углекислоты. При втором типе чал сезонную динамику двух штаммов, один из которых питается происходит окислительная ассимиляция органических соединений с помощью кислорода. Этот про-  
*Chlorophyceae* может проходить и в темноте. Третий тип питания (*Chlorella vulgaris*) снижала продуктивность. В Таджикистане погодные условия позволяют включать в себе оба предыдущих.

ращивать хлореллу под открытым небом в течение 8—10 месяцев, однако наиболее высокие урожаи были любой тип питания. При автотрофном типе питания необходи-  
лучены лишь в теплое время года.

При выращивании хлореллы в производственных укислота. Условиях в одних случаях температуру среды не регулируют (если установки расположены под открытым небом), в других — температурный режим поддерживается на определенном уровне с помощью электроагрегатов. При миксотрофном — надо сочетать органическую вателей, источников света или используют для этих целей минеральную среду, чередовать свет и затемнение, лей отработанные газы заводов.

обеспечивать контакт водоросли с углекислотой и

В Японии хлореллу выращивают круглый год в укислородом. Основные элементы питательной среды для выращивания под открытым небом. Ее урожай находится в прямой зависимости от погодных условий. В опытах на хлореллы — азот, фосфор, сера, магний и железо. Накamura (Nakamura, 1961) урожай водоросли с низким содержанием азота в феврале был крайне низким (табл. 3). В те же месяцы урожай возрастал в 3—4 раза. Аналогичные результаты были получены в условиях Америки элементов минерального питания. Так, содержание азота в странах Западной Европы (Güttner et al., 1953; Epstein и Johnson, 1956).

В отличие от высших растений водоросли хорошо развиваются в средах, разных по концентрации даже основных элементов минерального питания. Так, содержание азота по Тамия составляет 5 г, а по Пратту — 0,1.

В нашей стране хлореллу под открытым небом выращивают не только на юге, но и в северных районах. В условиях Ленинградской области в отдельные месяцы можно получать вполне удовлетворительные урожаи. Хлореллу там выращивают с мая по октябрь. За этот период она выдерживает колебания температур от +5 до +30°C. Более высокие урожаи получены термофильных штаммов при температуре 32—36°C, а у мезофильных — 20—28°C. Практика показала, что стабильные, относительно высокие урожаи хлореллы при выращивании ее под открытым небом в большинстве районов СССР могут быть получены на основе применения смеси термофильных и мезофильных штаммов.

Независимо от применяемой среды особое внимание при выращивании водорослей должно быть обращено на азотное и фосфорное питание. Наиболее интенсивный рост водорослей получен на мочевине (Пиневич, Верзилии, Маслов, 1961; Маслов, 1961). Однако мочевина при повышенных температурах может разлагаться и вызывать аммиачное отравление хлореллы. Кроме того, на мочевине суспензию хлореллы быстро поражают микроорганизмы (Пиневич и Верзилин, 1961; Паламар-Мордвинцева и Костланд, 1964), поэтому мочевину используют в основном при ускоренном культивировании.

Для того чтобы в суспензии постоянно поддерживался pH в пределах 5,2—7,0, большинство исследователей в качестве азотного питания хлореллы используют нитраты или сульфат аммония. Было замечено, что *Chlorella rugenoidosa* и *Chlorella vulgaris*, выращенные на среде с сульфатом аммония, содержат витаминов больше, чем на среде с нитратами (Гительсон и др., 1964; Худайбердыев, 1961).

### Питательные среды

Известны три типа питания водорослей: автотрофное, гетеротрофное и миксотрофное. Суть первого из них состоит в том, что при наличии тепла и света осуществляется фотосинтез путем использования неорганических

Потребление минеральных веществ у хлореллы и одинаково. Если потребление азота, калия, серы и железа находится в соответствии с темпом роста культуры, то потребление фосфора и магния через несколько дней выращивания заметно сокращается и стабилизируется. Происходит это потому, что в связи с подщелачиванием среды фосфор и магний выпадают в осадок таким образом выводятся из обмена. Через 1—2 суток наступает динамическое равновесие между осажденным и растворенным элементом. Связывание хлореллы растворенных веществ приводит к переходу соответствующего количества фосфора и магния из осадка в раствор.

Каназава и др. (Kanasawa et al., 1958) произвели расчет потребного количества азота и фосфора из питательного раствора на прирост биомассы водорослей:

Расход азота составил от 54 до 105 мг на 1 г сухого вещества, а фосфора — 15—42 мг/г. В зависимости отей содержится значительное количество марганца, интенсивности выращивания хлореллы этот расход проеди и молибдена. Роль этих элементов в физиологии исходит в течение от 1 до 10 суток. Кроме азота, фосфора, калия и магния, в состав минеральной среды входят и молибден — в состав редуктазы нитратов. Все они должны входить в микроэлементы.

В 1 кг хлореллы содержится железа 500—1600 мг, марганца 50—350 мг, цинка 20—40 мг, меди 4—40 мг и молибдена 0,4—70 мг. В связи с этим концентрационным Кузнецова и Владимировой (1965), потребление микроэлементов для интенсивного культивирования азота, калия, серы и железа из нее происходит равномерно и находится в соответствии с темпом роста хлореллы. Как отрицательный фактор авторы отмечают подщелачивание среды до pH 8,7—8,8.

	минимальная	максимальная
железо . . . . .	5	50
меди . . . . .	0,02	1,0
марганец . . . . .	0,2	5,0
цинк . . . . .	0,02	1,0
бор . . . . .	0,05	3,0
молибден . . . . .	0,02	1,0

При минимальной концентрации этих элементов прирост биомассы замедляется, снижается ее урожай, поэтому многие исследователи рекомендуют готовить концентрированную среду. Самой распространенной из них является среда Тамия.

Питательная среда Тамия для ускоренного роста водорослей (по данным Монза, 1956).

### Макроэлементы (г на 1 л воды):

KNO <sub>3</sub>	5
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	2,5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,25
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0,003
ЭДТА	0,037

### Микроэлементы (мг на 1 л воды):

H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	114
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	88
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	53
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	14
MoO <sub>3</sub>	6
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	16
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	5
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	177

Среда Тамия богата макро- и микроэлементами. В вещества, а фосфора — 15—42 мг/г. В зависимости отей содержится значительное количество марганца, интенсивности выращивания хлореллы этот расход проеди и молибдена. Роль этих элементов в физиологии исходит в течение от 1 до 10 суток. Кроме азота, фосфора, калия и магния, в состав минеральной среды входят и молибден — в состав редуктазы нитратов. Все они должны входить в микроэлементы.

Многие исследователи изучали среду Тамия. По и молибдена 0,4—70 мг. В связи с этим концентрационным Кузнецова и Владимировой (1965), потребление микроэлементов для интенсивного культивирования азота, калия, серы и железа из нее происходит равномерно и находится в соответствии с темпом роста хлореллы. Как отрицательный фактор авторы отмечают подщелачивание среды до pH 8,7—8,8.

Выбор питательной среды для хлореллы, используемой в животноводстве, зависит от ее назначения. Известно, что в рационах свиней обычно недостаток железа, а в рационах коров, наоборот, избыток этого элемента. В среде Тамия концентрация железа невысокая, а азота и магния содержится много. Эту среду вполне можно использовать при выращивании водоросли для крупного рогатого скота и овец.

В разных странах для выращивания хлореллы используют различные питательные среды. Самые распространенные из них среды, созданные Тамия, Праттом, Майерсом, Бенеке, в Биологическом институте ЛГУ Уханьском гидробиологическом институте. Поскольку в нашей стране используют в основном две последние среды, то нет смысла давать описание других.

Питательная среда О4 по рецептуре среду основные компоненты сверх предусмотренных Уханьского гидробиологического института нормы, а другие (Годнев и Ляхнович, 1964) вынута (данные Музафарова и Таубаева, 1974) саживаются хлореллу при повышенных концентрациях (г на 1 л).

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.	0,2
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	.	0,03
CaSO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O	.	0,03
NaHCO <sub>3</sub>	.	0,1
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	.	0,08
KCl	.	0,025
FeCl <sub>3</sub>	(1%-ный раствор)	0,15 мл
Почвенный экстракт	.	0,5 мл
Раствор элементов	микро-	1 мл

## *Раствор микроэлементов*

H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	.	.	.	2,86	г/л
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	.	.	.	1,81	г/л
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	.	.	.	0,222	г/л
MoO <sub>3</sub>	.	.	.	176,4	мг/10 л
NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	.	.	.	229,6	мг/10 л

Питательная среда по рецепту Биолля стабилизации микродобавок в рационы животных. В последнее время трилон В рекомендуется вводить в гигиенического института ЛГУ (данные Пиневицкого) показали обнадеживающие результаты. Однако и Верзилина, 1963). препарат довольно дорог и дефицитен.

### *Макроэлементы ( $\varepsilon$ на 1 л воды):*

$\text{KNO}_3$	:	:	:	2
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	:	:	:	0,3
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	:	:	:	0,3

*Микроэлементы (мг на 1 л воды):*

FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	.	.	.	5
CaNO <sub>3</sub>	.	.	.	10
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	.	.	.	0,02
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	.	.	.	0,01
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	.	.	.	0,04
MnSO <sub>4</sub>	.	.	.	1,0
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	.	.	.	0,6
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ×				
× 4H <sub>2</sub> O	.	.	.	0,5
ЭДТА	.	.	.	5 — 10

В отношении концентрации питательной среды авторы придерживаются различных мнений. Одни из них (Nakataga, 1961) не рекомендуют вносить в питательную

Вывешивание хлопьевидных на корм скоту требует значительных затрат.

Выращивание хлореллы на корм скоту требует значительного расхода солей, поэтому введение новых элементов вверх предусмотренных норм экономически нецелесообразно.

Кроме того, применение концентрированных среды нуждается использовать хелаты для стабилизации соединений. Хелат — это органическое вещество, образующее комплексы с тяжелыми металлами. Самый распространенный из них трилон В.

Хелаты стабилизируют растворы, устраниют и уменьшают осаждение солей. Образовавшиеся комплексы, находящиеся в химическом равновесии со свободными ионами, обеспечивают водорослям лучшее распределение питательных веществ в нетоксических дозах. Применение хелата в комбинации с высокими концентрациями макро- и микроэлементов оказывает такое же действие, как частое обновление культуральной среды (Myers, 1953).

В последнее время трилон В рекомендуется вводить для стабилизации микродобавок в рационы животных. Опыты показали обнадеживающие результаты. Однако препарат довольно дорог и дефицитен.

Поддерживать на заданном уровне состав питательной среды можно и другими способами. Эта задача с успехом может быть решена путем периодического обновления среды. В соответствии со скоростью выноса элементов в раствор вводится дополнительное их количество. В практических условиях удобнее производить частый съем определенного количества суспензии с возвратом в установку такого же количества питательной среды.

В условиях Ленинграда были апробированы различные среды для выращивания хлореллы. Урожай сухой массы колебался при этом от 3 до 33,4 г. Наивысший урожай водоросли в мае был получен на среде Майерса, а в августе — на среде 04.

В наших исследованиях были апробированы различные питательные среды. Хороший урожай был получен на среде Тамия, однако длительное скармливание супсепзии хлореллы, выращенной на этой среде, курам привело к отрицательным последствиям. На жвачных

животных применение такой супензии оказалось положительное влияние. В дальнейших исследованиях была использована питательная среда, разработанная Биологическим институтом ЛГУ, в которую после окончания роста водорослей добавляли йодистый калий. Это было вызвано тем, что Татарская АССР относится к зоне, энзоотичной по йоду, и введение его в среду оказывало положительное влияние на животных. Введение йодистого калия в супензию не в процессе, а по окончании роста хлореллы предотвращало угнетающее его воздействие на водоросли.

Как при засеве хлореллы, так и в процессе выращивания приходится следить за состоянием и изменением основных параметров системы, в том числе и за величиной pH. По данным Анхилери (Anhilery, 1964), рост хлореллы возможен при pH от 5 до 9.

Сдвиги в величине pH обусловлены или накоплением органических веществ материнской клетки в субстрате, или реакцией солей. Содержание органических веществ в среде повышается по мере увеличения урожая водорослей. Органические вещества материнской клетки не принимают участия в образовании апланоспор. Они высвобождаются в момент выхода из клетки, накапливаются в питательной среде и подщелачивают ее. Нормализовать среду можно с помощью любых кислот и щелочей, но чаще всего для этих целей используют  $\text{HNO}_3$  и KOH. В практических условиях при выращивании на различных средах pH стараются поддерживать на уровне 6,5—7,5.

Длительное время внедрение хлореллы в животноводство сдерживалось дефицитом солей, необходимых для приготовления питательных сред, и углекислоты. Поэтому в последние годы исследователи работают над изысканием природных источников углекислоты и минеральных сред или пытаются использовать отходы промышленности.

В 1963 г. на Украине Беренштейн и Асаул стали выращивать хлореллу на отходах спиртовых заводов. Основой для приготовления среды являлась упаренная и обездроженная барда. В последующие годы их почин нашел массовое применение. В Харьковской области меляссиную барду и кукурузный экстракт широко используют в производственных целях при выращивании хлореллы на корм животным (Иванова, Бурла-

ков, 1971). Накопленный там опыт показал, что производство 1 т хлореллы, выращенной на органической среде, хозяйствам обходится в 5—6 раз дешевле, чем на минеральной. При добавлении 0,3% упаренной барды и 0,1% кукурузного экстракта в питательную среду хлорелла давала хороший урожай без применения углекислоты. Кроме того, хлорелла, выращенная на органических средах, содержала в себе значительно больше витаминов, чем на минеральных. Этот опыт был перенесен в Астраханскую область (Трофимова, 1971). При приготовлении органической среды на 3 т воды там добавляют 4 кг барды и 1,5 кг кукурузного экстракта.

В Белоруссии (Колешко и Ляхнович, 1967) и на Украине (Костланд, Ляшенко, 1968) хлореллу выращивают на средах, содержащих отходы дрожжевых заводов. Дрожжевую бражку добавляют к минеральным средам (10—20 мл на 1 л питательной среды).

Для стимулирования роста хлореллы к минеральным средам добавляют отходы крахмального производства в виде соковых вод (Ляхнович и Колешко, 1967). При этом повышается не только урожайность хлореллы, но и увеличивается накопление ею пигментов.

Много опытов было проведено по выращиванию хлореллы на городской сточной жидкости (Винберг и др., 1963, 1965; Сивко и Крючкова, 1964, 1965). Особого внимания заслуживают опыты со сточными водами, содержащими фенол и нефть.

Животные уже давно получают корма, выращенные на углеводородах нефти. Однако это был продукт, полученный при выращивании дрожжей (БВК). В настоящее время можно производить более ценный белково-витаминный продукт из хлореллы с использованием тех же отходов. Доказано, что наличие фенола в среде (до 100 мг в 1 л) не угнетало рост хлореллы, фенолы же быстро разлагались. На питательной среде с использованием нефти лучший результат был получен при концентрации ее около 1 г/л.

Фенолы являются отходами различных производств. Они загрязняют окружающую среду, губительно действуют на животный мир. Способность хлореллы усваивать фенол — замечательное ее свойство защищать природу от загрязнения. По данным Лукиной (1971), небольшая концентрация фенола (20—50 мг/л) значитель-

ного влияния на фотосинтез водоросли не оказывала, средняя способствовала ускоренному накоплению биомассы, а высокая оказывала токсическое действие на хлореллу. По данным автора, токсическое действие фенола прямо пропорционально освещенности и составляет 0,75—1,95 г/л.

Поиски природных источников минеральных сред также дали положительные результаты. В Польше (Нгусук, 1965) хлореллу выращивают на минеральной воде источника «Клавдия».

Васиговым (1971) была доказана возможность выращивания хлореллы с использованием солоноватых вод в условиях юго-западного Кзылкума.

Обнадеживающие результаты были получены на питательных средах, содержащих в своем составе песчаный глауконит как источник микроэлементов. Большие залежи глауконита находятся в Узбекистане (Музафаров, Таубаев, 1971). Проведенными там опытами было доказано, что на средах с глауконитом (10 г руды на 1 л водопроводной воды) урожай водоросли повышается на 10—20% по сравнению со стандартными средами.

В производственных условиях глауконит используют при выращивании хлореллы в совхозе «Индустрия» Кашарского района Ростовской области. Минеральная среда в этом хозяйстве состоит из азотно-фосфорных удобрений и глауконита (Дохненко и Чубаров, 1973).

Дешевым источником для приготовления органических питательных сред могут быть отходы (фекалии) человека и животных. Например, в Японии (Накатига, 1963) используют сброженный настой из рыбных потрохов и костей, компостную жижу при внесении в нее 20—30 кг мочевины и дальнейшем 100-кратном разбавлении водой, мочу крупного рогатого скота при 20-кратном разбавлении и кипячении в течение 20 минут.

Первые опыты использования фекалий человека и животных в нашей стране были проведены в лабораторных условиях (Баранов и др., 1964; Рерберг и др., 1964). Хлореллу выращивают на средах, содержащих настой компостиированного или свежего навоза, куриного помета (КП), экскрементов тутового шелкопряда (ЭТШ).

Настой из навоза готовят на водопроводной воде 3—3,5 кг навоза настаивают в 20 л воды, затем берут

3—5 л вытяжки для приготовления 1 т питательной среды. Расход сухого помета составляет 3 г на 1 л воды, а на приготовление 1 т питательной среды надо от 3 до 5 л вытяжки.

В опытах, проведенных в Узбекистане (Музафаров, Таубаев, 1971), были получены положительные результаты при использовании сред, содержащих настой куриного помета и навоза: урожайность водорослей в бассейнах повысилась на 15—35%. Питательные среды из ЭТШ давали хорошие результаты в комбинации с глауконитом. Урожай на них был на 10—20% выше, чем на стандартных. Васигов (1971) сравнивал среды, полученные из свежего овечьего навоза (СОН) и из минерализованного овечьего навоза (МОН). При разведении 1:80, 1:120 хлорелла на них росла в некоторых случаях даже лучше, чем на стандартных минеральных средах Тамия и 04. На МОН культура водоросли была получена очень чистой.

В последнее время появились высказывания, подчеркивающие превосходство органо-минеральных сред. Музафаров и Таубаев (1971) полагают, что потребность водорослей в минеральных и органических веществах — это их исторически сложившееся в природе свойство. Действительно, в природе водоросли обитают в среде, где содержатся не только минеральные, но и органические вещества. Сочетание этих веществ обеспечивает хлорелле питание и газообмен.

В производственных условиях органо-минеральные среды имеют широкое распространение. Например, в колхозах «Путь к коммунизму» Астраханской области и «Червоный маяк» Харьковской области к минеральной среде добавляют упаренную барду (1,3 кг/т) и кукурузный экстракт (0,5 кг/т); в экспериментальном хозяйстве ВНИИМС Оренбургской области — почвенный экстракт (0,5 л/т).

Поскольку применение органических и органо-минеральных сред доступно и экономически выгодно, пами были проведены опыты по разработке таких сред для условий Татарской АССР с использованием местного сырья. Среды состояли из мочи крупного рогатого скота, молочной сыворотки, жидкого навоза, сточных вод сахарного, дрожжевого производства и отходов производства консервированного зеленого горошка. Отрицательные результаты были получены лишь на

средах, содержащих молочную сыворотку. Подавление роста хлореллы на этих средах было вызвано наличием плесени.

Жидкий навоз — наиболее доступный компонент питательной среды для хлореллы в условиях любого хозяйства. В нем содержится 3—5 г/кг азота, 0,9—1,2 г фосфора, 250—290 мг железа, 6—8 мг цинка, 2,2—2,6 мг меди, 0,12—0,18 мг кобальта, 30—32 мг/кг марганца. Навоз богат всеми веществами, необходимыми для питания хлореллы, однако соотношение их не отвечает требованиям, предъявляемым к питательным средам. В процессе разработки питательных сред на основе жидкого навоза нас интересовали следующие вопросы: 1. Оптимальная норма разведения навоза. 2. Сравнительный рост хлореллы на навозной среде (НС) и стандартной среде Тамия. 3. Способы обеззараживания НС.

Опыты показали, что наиболее высокий урожай хлорелла дает при разведении навоза 1:20—1:40. Если прирост биомассы на НС при концентрации 1:60 принять за 100%, то при разведении 1:40 он был в 2,2, а при разведении 1:20 — в 2,5 раза выше, чем в первом случае. Разведение навоза 1:10 не позволило получить хорошего роста водоросли, поскольку среда была сильно затемненной.

Разведение навоза в 20—40 раз обедняет среду по основным элементам питания (азот и фосфор). В дальнейших опытах в НС вводили азотистые и фосфорные добавки до их количества, содержащегося в среде Тамия. Стандартную среду сравнивали с НС в разведении 1:20. На 10-й день прирост водоросли на НС оказался на 71% выше, чем на среде Тамия. Таким образом, НС является весьма выгодной средой для выращивания хлореллы на корм животным.

Сточные воды заводов также могут быть использованы в качестве питательной среды для выращивания водорослей. Очень хороший их рост был получен на сточных водах от производства консервированного зеленого горошка, несколько меньший — на сточных водах дрожжевого и сахарного производств. На свежих водах результаты прироста получались более высокими, чем на старых. Для обеспечения интенсивного роста водоросли в сточные воды необходимо вносить азотно-фосфорные удобрения.

Таким образом, наукой и практикой накоплен уже



Рис. 4. Лотковые установки (системы ЛГУ).

достаточный опыт по составу питательных сред для выращивания хлореллы.

При использовании хлореллы в корм сельскохозяйственным животным могут быть использованы минеральные, органические или органо-минеральные среды. Выбор их в настоящее время производится по доступности, стоимости и влиянию на выход биомассы.

#### Снабжение супензии углекислым газом

При выращивании хлореллы на минеральных средах снабжение супензии углекислым газом является одним из необходимых условий, обеспечивающих интенсивный рост. Потребление водорослью  $\text{CO}_2$  зависит от многих факторов выращивания (свет, температура, питательная среда). При благоприятных природных условиях фотосинтез хлореллы осуществляется за счет углекислоты, содержащейся в воздухе или в воде. Для

этого требуется, чтобы клетки суспензии имели постоянный контакт с воздухом. Однако медленная диффузия углекислоты в питательный раствор ограничивает рост водорослей.

Большинство установок для выращивания хлореллы имеет источники CO<sub>2</sub>. В научных исследованиях используют баллонную углекислоту, которую подают в установки в смеси с воздухом или в чистом виде. Нанбо лес приемлема смесь, содержащая 3—5% углекислоты. Увеличение ее концентрации до 10% не отразилось на прибавке урожая.

Гуммерт и др. (Gummert et al., 1953) для выращивания хлореллы использовали промышленные газы Рура. Концентрацию углекислоты в газовой смеси они доводили до 1%. В такой же концентрации используют углекислоту при выращивании хлореллы в Узбекистане (Бердикулов, 1963).

Использование природных источников углекислоты экономически выгодно.

Одним из рациональных и наиболее дешевых способов снабжения суспензии углекислотой следует признать использование продуктов горения газообразного топлива, в которых содержится 8,2% CO<sub>2</sub>, 6,7% O<sub>2</sub> и 85,7% N<sub>2</sub> (Музафаров, Таубаев, 1971). Этот способ нашел широкое применение в Узбекистане: при Ташкентской, Навоинской, Айргенской и Тахнаташской ГРЭС работают установки, обеспечивающие довольно высокую продуктивность хлореллы.

Японские исследователи получают углекислоту путем сжигания жидкого топлива или газа. После предварительной очистки углекислота (концентрация ее 2—5%) подается компрессорами в бассейны. Скорость подачи составляет 3—5 л на 1 м<sup>2</sup>/мин.

В Биологическом институте ЛГУ углекислоту подают в установки в чистом виде. Расход ее составляет 0,05—0,1 л на 1 м<sup>2</sup>/мин. Однако в установках под открытый углерод — отход производства.

Таким образом, единого рецепта применения углекислоты при выращивании хлореллы в настоящее время исследователи (Kraus and Specht, 1958) полагают рекомендовать не представляется возможным. В этом коэффициент может быть увеличен до 30% в каждом отдельном случае подходить к решению этого вопроса следует с учетом конкретных местных условий.

Тем не менее потери остаются слишком высокими и зависят в основном от типа установок. В установках с крытой конструкцией потери углекислоты значительно меньше.

В условиях Татарской АССР (Сальникова, Хабибуллин, 1971) для продувания хлореллы в установках типа «Ракета» использовали воздух свинарника. Двухлетний опыт показал возможность такого способа снабжения суспензии бесплатной углекислотой. Недостаток этого метода заключается в том, что суспензию приходится обновлять чаще, чем при использовании баллонной углекислоты, поскольку она заражается постоянной микрофлорой.

Исследователи неоднократно пытались обогатить суспензию углекислотой не прямым путем, а вместе с ней растворенный карбонат или бикарбонат. Оказалось, что не все виды водорослей могут использовать углекислые ионы или используют их плохо.

Имеются штаммы хлореллы, которые используют углекислоту, только находящуюся в химическом равновесии с карбонатами (Moysé, 1956).

Авилов (1963) и Такахима (Takahima et al., 1964) исследовали влияние 20 различных источников углерода на рост хлореллы и синтез в ней хлорофилла. Лучшими из них оказались органические в форме углеводов (глюкоза и фруктоза). Однако при концентрации глюкозы 1% хлорелла обесцвечивалась. Шихира-Изикава (Shihira-Jshikawa et al., 1964) объясняет это явление тем, что глюкоза в повышенных концентрациях разрушает структуру хлоропласта.

Несмотря на достигнутые положительные результаты по замене углекислоты органическими источниками углерода, вопрос этот до конца не изучен. В производственных условиях ни глюкоза, ни фруктоза не могут быть широко применимы, поэтому поиски дешевых и доступных источников углерода продолжаются. Уже было отмечено, что хлореллу можно выращивать и без заменителя углекислоты (см. раздел «Питательные среды»). В этом случае заменителем углекислоты является органический углерод — отход производства.

Таким образом, единого рецепта применения углекислоты при выращивании хлореллы в настоящее время исследователи (Kraus and Specht, 1958) полагают рекомендовать не представляется возможным. В этом коэффициент может быть увеличен до 30% в каждом отдельном случае подходить к решению этого вопроса следует с учетом конкретных местных условий.

## Меры борьбы с заражением суспензии

Массовое культивирование хлореллы под открытым небом вести стерильно практически невозможно даже в установках типа закрытой циркулирующей системы. Но рекомендуют применять для борьбы с заражением окись пытка, сделанная в этом направлении в США (Little, 1953), закончилась неудачей. При выращивании проклокковых водорослей в бассейнах можно обнаружить различные бактерии и грибы, а также посторонние водоросли — сине-зеленые, хлорококковые и другие. Встречаются и более крупные вселенцы — амебы, инфузории, жгутиконосцы, коловратки. Их количество и состав зависит от состояния культуры водорослей. При интенсивном выращивании водоросли бактерии и другие микроорганизмы не развиваются настолько значительно, чтобы представлять серьезную опасность. Малейшее ослабление культуры может вызвать бурное развитие разнообразных микроорганизмов и привести к гибели водоросли (Pratt, 1945). Вопрос сопутствующей микрофлоры при массовом культивировании водорослей подробно изложен в работах Малаховой и Константиновой (1965), Пименовой, Максимовой и Балицкой (1961), Громова (1961). По их данным, количество бактерий, выявляемых на мясо-пептоновом агаре, в течение летних месяцев колебалось в пределах 1—200 млн на 1 мл суспензии или от 0,5 до 103 в расчете на 1 м<sup>2</sup> сухого веса водорослей.

Среди сопутствующей микрофлоры не все виды вредны для хлореллы. Так, в опытах Громова (1961) было выяснено, что из 42 видов бактерий-спутников 21 стимулировал рост водоросли. Очевидно, при массовом культивировании водорослей развитие бактерий в определенных пределах является нормальным процессом, и игнорировать возможность их отрицательного воздействия на суспензию не следует.

В литературе отмечены случаи спонтанного лизиса водорослей. Установлено, что причиной гибели является литический вирус, сходный по своей природе с вирусами высших растений или фагами бактерий (Заварзина, 1961; Мамкаева, 1965). Наблюдались случаи, когда водоросли в течение одного-двух дней погибали вселенцев-беспозвоночных (Pinnan, 1961). В борьбе с заражением хлореллы используют антибиотики (Максимова и Пименова, 1961; Заварзина, 1962; Спекто-

ров и др., 1961) и избирательно действующие яды (Kanazawa et al., 1958). При этом нельзя забывать о возможности вредного их действия на организм животных и человека. Японские исследователи (Nakamiga, 1961) рекомендуют применять для борьбы с заражением окись углерода, добавляя ее в концентрации 0,1% к смеси воздуха с углекислотой. Пиневич и Верзилин рекомендуют соблюдать самые оптимальные условия культивирования:

1. Выращивать водоросли в тонком слое суспензии (8—12 см) при ее хорошем перемешивании.

2. Если условия выращивания позволяют, то целесообразно центрифугат после снятия урожая не возвращать в бассейны, что предотвращает накопление в суспензии органических веществ и тем самым уменьшает возможность развития микрофлоры.

Хорошее снабжение суспензии углекислотой также подавляет развитие гетеротрофных микроорганизмов. При конструировании установок надо избегать длинных закрытых коммуникаций и неосвещенных мест, где возможно образование очагов инфекций. По наблюдениям Владимировой (1961), соблюдение элементарных правил стерильности: стерилизация сосудов химическими средствами, приготовление среды на кипяченой воде, подача воздуха через ватный фильтр предотвращали заражение. В практике работы автора были случаи заражения хлореллы туфельками, инфузориями и коловратками. Обеззараживание установок производили 5%-ным раствором хлорамина, затем паром. Хлорамин впитывался в пластикат, из которого была изготовлена установка, поэтому от хлорамина пришлось отказаться, в дальнейшем установки стали обрабатывать паром. После тщательной обработки готовили питательную среду на кипяченой воде, однако и это не спасло положения, приходилось периодически обновлять посевной материал.

С целью борьбы с сопутствующей микрофлорой были испытаны и другие средства. Формалин в концентрации 1:10 000 полностью убивал простейшие микроорганизмы, но одновременно задерживал рост хлореллы. Выход урожая при этом был в 4 раза меньшим, чем в контроле, поэтому применять формалин оказалось возможным только с целью обработки установок, а не суспензии.



Рис. 5. Установка «Каскад».

В настоящее время в борьбе с сопутствующей микрофлорой оказалось эффективным применение ТРФН (технический раствор фенолята натрия).

ТРФН — отход производства фенол-ацетона. До последнего времени он не имел применения. Утилизировали его путем сжигания. Для борьбы с микрофлорой

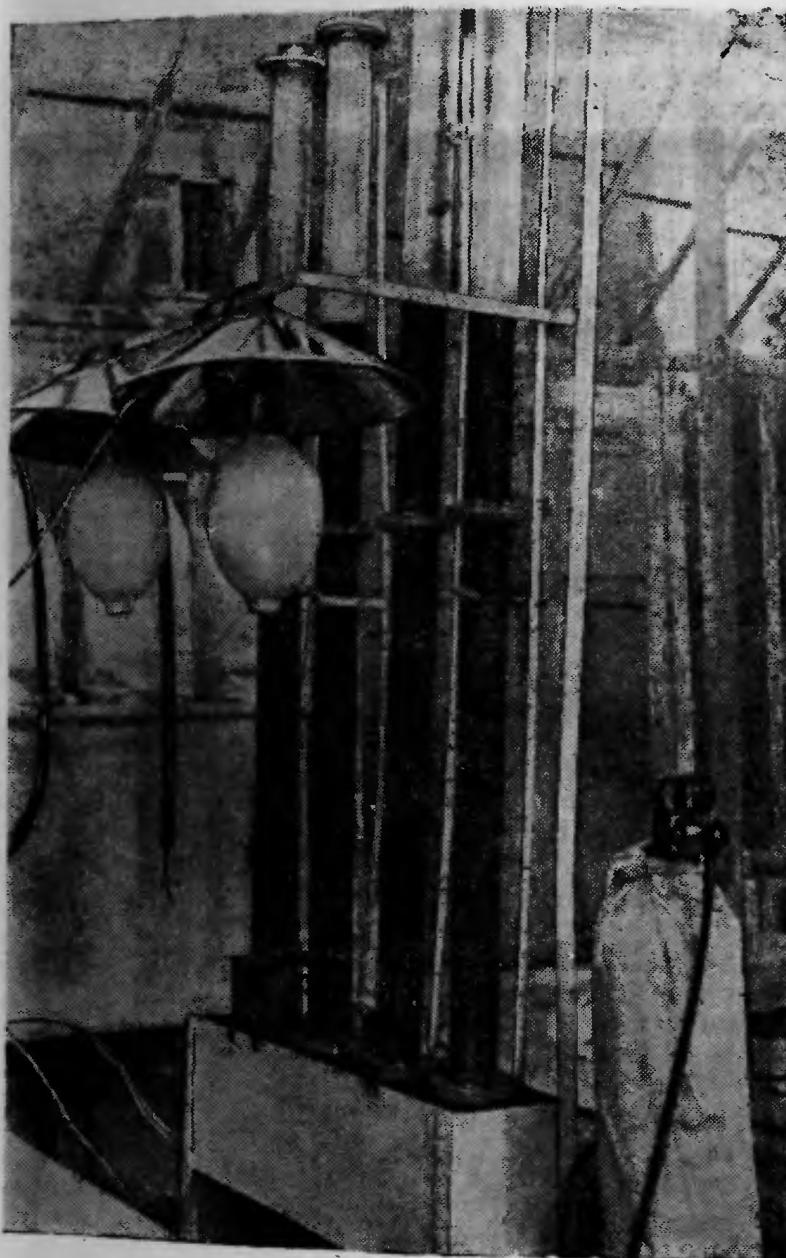


Рис. 6. Для выращивания «маточной» суспензии водоросли предназначена установка «Ракета».

увеличивали подачу  $\text{CO}_2$  в суспензию или вводили ТРФН в различных концентрациях (0,05%, 0,1 и 0,2% к объему). В результате было установлено, что ТРФН в концентрации 0,1% является хорошим средством борьбы с микрофлорой. При этом увеличивался и уро-

жай хлореллы.

Установки закрытой циркулирующей си-  
стемы были разработаны и применяются в США фирмой Литтл (Little, 1953). Они состоят из широких полиэтиленовых труб, замыкающихся в кольцо. Трубы можно располагать горизонтально или вертикально.

Положительные результаты от применения ТРФН были получены и на органических средах, содержащих жидкий навоз. Контролем служили стерилизованные питательные среды из навоза. Стерилизовали среды кипячением в течение 15 минут. Сравнительный прирост биомассы на 14-й день культивирования показал, что НС 1:40+0,1% ТРФН дает прирост на 35%, а НС 1:20+0,1% ТРФН — на 54% выше по сравнению с контролем. Кипячение среды не дало положительных результатов. Прирост биомассы на этой среде был почти таким же, как и на нестерилизованной. Введение 0,1% ТРФН в органическую питательную среду приводило к гибели беспозвоночных.

### Установки

Установки для выращивания хлореллы могут быть изготовлены из различных материалов: кирпича, бетона, стекла и оргстекла, оцинкованного и кровельного железа, дерева и пластических материалов типа полиэтилена, полихлорвинаила или пластика. Водонепроницаемые емкости (культиваторы) изготавливают различных размеров и форм. Каждая установка должна иметь устройство для перемешивания суспензии, а суспензия хлореллы — стабильную температуру, хорошее освещение и снабжение углекислотой. Перемешивание осуществляется через перфорированные трубы барботажем (воздухом, обогащенным углекислотой), насосами или мешалками лопастного типа. Освещаются установки солнечным светом, лампами дневного света, лампами накаливания или достаточно мощными прожекторами. Углекислота в установки поступает в смеси с воздухом или в чистом виде. Температурный режим в установках поддерживает с помощью отработанных газов, осветительной системы или специальных обогревательных устройств.

Существует четыре основные системы конструкции (США) представляют собой относительно глубокие бес установок: закрытая циркулирующая и закрытая глубинная; открытая глубинная и открытая неглубинная. Хлорелла в них освещается сверху и сбоку, рез боковую стенку, ориентированную на юг. Толщина

Были попытки размещения подобных установок на крыше зданий. Трубы могут быть цилиндрические, квадратные или плоские. Например, в кембриджской установке были использованы плоские трубы из прозрачного пластика полиэтилена, расположенные горизонтально. Длина их 50 м, ширина 1,2 м, высота слоя суспензии 10—15 см. Общий объем биомассы составляет 4 м<sup>3</sup>, а поверхность освещения — 60 м<sup>2</sup>. В этих условиях суспензия водоросли и газовая смесь были изолированы от внешней среды, благодаря чему снижалось загрязнение биомассы и уменьшался расход углекислого газа.

Один из вариантов установки закрытой циркулирующей системы построен в последние годы в Японии. Установка изготовлена из пластических материалов. Над культиватором находится воздушная камера куполообразной формы из прозрачных виниловых материалов, снабженная клапаном для подачи воздуха. Об эффективности работы установки пока нет сообщений.

В производственных условиях установки закрытой циркулирующей системы распространения не получили в связи с тем, что хлорелла наращивается на стенках труб и они теряют прозрачность. Работа по расчистке установок слишком трудоемка.

Перемешивание суспензии в установках закрытой циркулирующей системы осуществляется насосами. Высокая скорость движения суспензии уменьшает обратное течение труб.

Установки закрытой глубинной системы — это относительно глубокие емкости типа танков и ферментаторов. Глубина слоя суспензии в них от 1 до 1,5 метра. Биомасса освещается снаружи или лампами, погружеными в суспензию, поэтому эффективность использования света повышается. Перемешивают биомассу с помощью мешалок или барботажем.

Один из вариантов установок глубинной системы представляет собой относительно глубокие бес установок: закрытая циркулирующая и закрытая глубинные танки. Хлорелла в них освещается сверху и сбоку, рез боковую стенку, ориентированную на юг. Толщина



Рис. 7. Подопытные куры. В связи с повышенной нормой скармливания хлореллы, выращенной на среде Тамия, у них появилась пугливость.

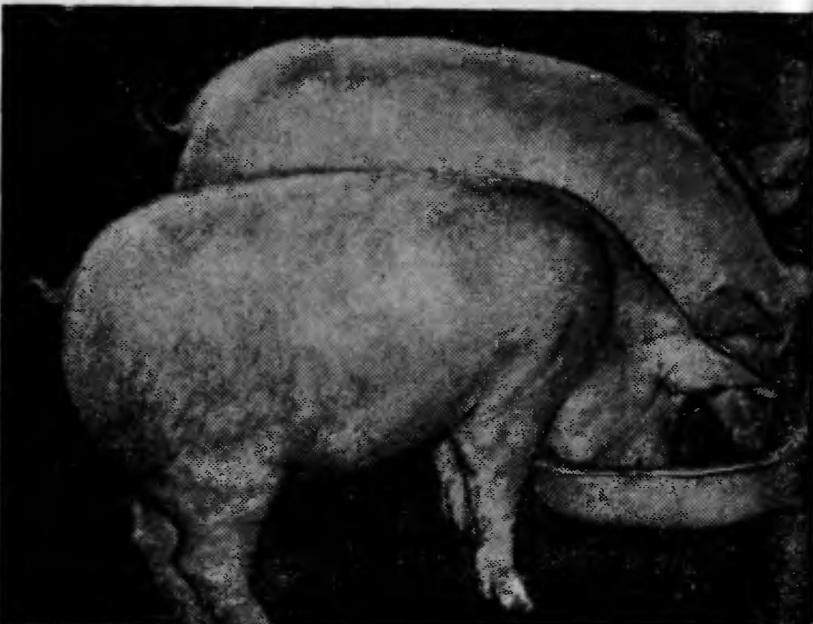


Рис. 8. Свиньи охотно поедали хлорелловую пасту.

слоя суспензии достигает одного метра. Перемешивает биомассу мешалка лопастного типа. Установки этой конструкции также не нашли широкого применения: они дорогие, урожай хлореллы в них небольшой, суспензия трудно перемешивается.

Другой вариант установки закрытой глубинной системы был изучен в Татарии (Сальникова, 1967). В качестве культиватора был использован ферментатор для выращивания нативных антибиотиков конструкции Беляева и Калмыкова. Размеры культиватора: высота 1,4 м, внутренний диаметр 90 см, слой суспензии хлореллы 1,2 м. Перемешивание биомассы осуществлялось одновременно двумя способами: с помощью мешалки и барботажем. Интенсивность перемешивания была довольно высокая, что выгодно отличало ферментатор от установки такой же системы, описание которой приведено выше.

У ферментатора были и другие преимущества: герметичность системы и наличие двустенного пространства. Герметичность системы позволяла выращивать биомассу без посторонней микрофлоры, поскольку обогащенный углекислотой воздух подавался в фермен-



Рис. 9. Кролики, которым скармливали суспензию хлореллы в течение всей зимы.

татор через специальные фильтры. Стерилизацию уста новки и питательной среды можно было производить паром, пропуская его через межстенное пространство, поддержание необходимой температуры культивирования — холодной или горячей водой.

Таким образом, ферментатор отвечал следующим требованиям, предъявляемым к культиваторам: 1. Полная механизация всех процессов. 2. Относительно стабильные условия выращивания. 3. Поддержание определенного температурного режима. 4. Хорошее перемешивание супензии. 5. Малые габариты.

Опыт показал, что установки-ферментаторы удобны для промышленного выращивания хлореллы и их можно рекомендовать в производство. В колхозе имени Ка линина Краснокутского района Саратовской области для этой цели были переоборудованы танки-охладители молока марки ТО-2000. На танке-охладителе установили четыре лампы дневного света мощностью 40 Вт и две лампы типа ДРЛ-400. Углекислота подавалась через перфорированные трубы на дно танка. Перемешивание супензии и поддержание температуры в танке происходило так же, как в ферментаторе. Продолжительность выращивания биомассы составляла 3—4 дня. Танки и ферментаторы могут быть размещены непосредственно на ферме на любой свободной площадке.

Третья система установок — глубинная открытого типа, это аквариумы, ванны, квадратные или круглые бассейны. Хлорелла в них выращивается при глубине слоя супензии 25—50 см. Перемешивание супензии осуществляется с помощью мешалок, насосов или барботажа.

Один из вариантов установок открытой глубинной системы был построен в Польше на опытной станции Балице. Установка состояла из 168 аквариумов, расположенных в три этажа (Hanczakowski, 1965). Длина аквариума 50 см, ширина 30 см и глубина 34 см. Перемешивалась супензия путем барботажа. Широкого распространения в производственной практике аквариумы не получили, поскольку в них затруднена механизация процессов выращивания хлореллы и не решена задача обеспечения достаточно интенсивного и равномерного перемешивания биомассы.

Выход в производство получили установки формы бассейнов и ванн. Супензия хлореллы в установках

40

этого типа освещается изнутри и снаружи или только снаружи.

Большой опыт по выращиванию хлореллы в установках открытой глубинной системы накоплен в Японии. Установки представляют собой бетонные круглые бассейны диаметром от 3 до 20 метров. В Институте микробиологии Японии общая площадь таких бассейнов около 0,4 га. Супензия в них перемешивается мешалками лопастного типа.

Подобные установки созданы и в нашей стране. В Узбекистане это круглые и квадратные цементированные бассейны. Способы перемешивания и подачи в них углекислоты различны (Милоградова и др., 1962, 1963; Музафаров и др., 1961, 1965; Нескубо, 1965; Музафаров и Таубаев, 1971; Таубаев и Бердыкулов, 1971).

Установки открытой глубинной системы работают и в ряде других областей страны. Одна из них действует в колхозе «Червоный маяк» Боровского района Харьковской области, другая — в колхозе «Путь к коммунизму» Астраханской области. Хлореллу здесь выращивают на органической и минеральной средах при освещенности от 6 до 10 тыс. люкс и температурном режиме супензии на уровне 25°C.

Для более экономичного использования помещений в некоторых хозяйствах ванны располагают каскадно или ярусами (Волгоградская областная сельскохозяйственная опытная станция, Елшанская птицефабрика Саратовской области и др.).

В колхозе «Кавказ» Тбилисского района Краснодарского края, совхозе имени Куйбышева Запорожской области, колхозе «Победа» Днепропетровской области и колхозе «Молдава социалистэ» Молдавской ССР опытно-промышленные культиваторы глубинной системы представляют собой круглые бассейны. Проект таких установок разработан Краснодарским институтом «Крайколхозпроект» в творческом содружестве со Всесоюзным научно-исследовательским институтом биотехники. Производительность установки 50 м<sup>3</sup> супензии в сутки при плотности 0,25 г в 1 л, стоимость ее вместе с оборудованием от 40 до 50 тыс. рублей.

В колхозе «Кавказ» установка состоит из пяти культиваторов диаметром 10 м и одного культиватора-инкулятора диаметром 5 м. Стенки культиваторов смонтированы из металлических остекленных рам, а днища

41

железобетонные. Все культиваторы соединены системой трубопроводов для подачи питательного раствора штаммов, питательных сред, способов перемешивания отработанных газов, холодной и горячей воды и слоя культуры и обогащения углекислотой. Есть основания полагать, что дальнейшее совершенствование технологии выращивания хлореллы на установках глубинной системы поможет значительно поднять их производительность.

Снабжение горячей водой происходит от скоростного парового подогревателя воды, установленного в помещении приготовления питательного раствора. На каждом из пяти культиваторов по периметру установления перемешивание осуществляется насосами и лишь иногда по 84 светильника типа С-2ДРЛ-1000 с лампами барботажем.

ДРЛ-1000-2. Светильники размещены группами по 4 штуке, и включают их в зависимости от уровня естественного освещения. Все технологические процессы автоматизированы, культиваторы оснащены приборами контроля, регулирования и сигнализации. Водоросли (*Chlorophyllum vulgaris*) выращиваются на минеральной среде. Источником углекислоты служат отработанные газы из плавильных печей. К ним относятся типичной. Температурный режим супензии поддерживается на уровне 36—38°C.

Установка такой же производительности работает венно на поверхности почвы, борта изготавливают из совхозе «Куйбышевский». Она состоит из посевного досок шириной 20—25 см. Длина лотка 20 м, ширина производственного культиваторов. Посевной культиватор разделен на четыре секции емкостью 0,2, 0,5, 3,0 и 8 м<sup>3</sup>, а производственный на две секции по 100 м<sup>3</sup>, на две секции по 100 м<sup>3</sup> каждая. Перекачивают супензию насосы типа 1,1/2 и ЦНФ. В этом хозяйстве оригинально решен вопрос освещения супензии, которую пропускают через специальный слой по специальному освещенному культиватору. Это позволяет экономить энергию и ускорить процессы фотосинтеза. Углекислота в смеси с воздухом в концентрации 0,5—1% от компрессора через фильтры поступает на дно установки и по перфорированным трубкам распределяется по всей площасти культиватора.

Промышленные установки глубинной системы имеют следующие преимущества: 1. Большой выход супензии. 2. Экономное использование помещений. К недостаткам этой системы следует отнести относительно высокую стоимость установок и оборудования, а также низкую плотность супензии, которая в большинстве хозяйств не превышает 0,25 г в 1 л. Следует отметить, что в отдельных хозяйствах получают товарную супензию с плотностью до 1 г в литре. Это связано с выбором

Довольно широкое распространение получили и установки открытой неглубинной системы. Они имеют форму лотков, каскадов, зигзагов или неглубоких ванн. Глубина слоя супензии в них 5—25 см. Периодически перемешивание осуществляется насосами и лишь иногда

Большой опыт по выращиванию хлореллы в установках такой системы накоплен в Ленинграде. В лаборатории массового культивирования водорослей Биоматериализированы, культиваторы оснащены приборами контроля, регулирования и сигнализации. Водоросли (*Chlorophyllum vulgaris*) выращиваются на минеральной среде. Источником углекислоты служат отработанные газы из плавильных печей, «Каскад», «Подвесные» и «Зигзаг». Частично. Температурный режим супензии поддерживается на уровне 36—38°C.

Установка такой же производительности работает венно на поверхности почвы, борта изготавливают из новок открытой неглубинной системы. Они имеют форму лотков, каскадов, зигзагов или неглубоких ванн. Глубина слоя супензии в них 5—25 см. Периодически перемешивание осуществляется насосами и лишь иногда

и сравнительно недорогая, располагают ее непосредственно на поверхности почвы, борта изготавливают из новок открытой неглубинной системы. Они имеют форму лотков, каскадов, зигзагов или неглубоких ванн. Глубина слоя супензии в них 5—25 см. Периодически перемешивание осуществляется насосами и лишь иногда

мощью насосов. В южной части установки супензия подвергается выращиванию (Пиньи, 1963, 1964, 1965). Падает в сборный желоб и по возвратному желобу вновь возвращается на северную сторону. Таким образом, Скорость движения супензии в таких установках ток циркулирует в установке П-900 с помощью насосов, не оказывает существенного воздействия на величины и наклонной плоскости. Для создания турбулентности урожая. Выясено, что для создания циркулирующей при движении супензии в лотках укреплены перпендикулярные потока в установках неглубинной системы следующие препятствия, которые создают завихрения и используют насосы, обеспечивающие скорость движения супензии 9 м/мин. Товарная плотность неглубинных установок 2 г/л. Благодаря этому улучшается перемешивание воздухом, и уменьшается количество клеток, оседающих на внутренней поверхности установки.

В Чехословакии оригинально решены некоторые вопросы технологии выращивания водорослей, просы технологии выращивания водорослей. Прежде всего это относится к способам насыщения супензии углекислотой. Углекислота подается в специальные устаратории. В связи с тем, что потребность в стерильной ройства — сатураторы, которые позволяют достичь производство ее лишь в специальных лабораториях хорошо обогатить водоросли углекислотой и сократить потери.

За всеми параметрами работы установки П-900 осуществляется автоматический контроль.

Установки, аналогичные ленинградской, созданы в Татарии, Чувашии, Горьковской, Оренбургской и Самарской областях. Различия заключаются лишь в том, что лотки в них расположены ярусами. В зависимости от высоты и длины помещений число ярусов 3—5, а производительность установки, способа ее расположения лотков 4—10 м. Супензия циркулирует с помощью одного насоса по всем лоткам, или на каждого 1000 коров (норма выпойки 10 л), расход супензии за лоток устанавливают отдельный насос. Ярусное расположение лотков позволяет более экономно использовать хлореллы, когда снимают ежедневно 50% урожая, ходить ветеринарных лечебницах или сельскохозяйственных станциях. Из них хозяйства могут получать товарную супензию.

Таким образом, в условиях производства при выращивании хлореллы на корм животным широкое распространение получили установки открытой глубинной и открытой неглубинной систем. Закрытые глубинная и циркулирующая системы также могут быть использованы, однако эти установки нуждаются в конструктивной доработке.

Практика показывает, что при сохранении горизонтальной поверхности, воспринимающей свет, и толщины слоя супензии 5—10 см конструктивные особенности граммах сухого вещества водорослей с 1 м<sup>2</sup> в сутки, а установок неглубинной системы не оказывают заметного влияния на урожай хлореллы. Некоторые различия в урожае по годам объясняются главным образом влиянием времени.

### Прирост биомассы, ее использование и учет урожайности

Эффективность культивирования одноклеточных водорослей оценивают по выходу биомассы с единицы площади в часах. Обычно урожай определяют в килограммах (тоннах) на 1 га.

случаев урожай водорослей снимают с небольших площадей, и такие пересчеты носят условный характер.

Об урожайности хлореллы данных достаточно, однако их сопоставление весьма затруднительно. Исследования по этому вопросу проводили в разные годы, в неодинаковых климатических, сезонных и погодных условиях, с разнообразными штаммами, в установках различных конструкций. Несмотря на различие условий, гарантированные урожаи водорослей в установках под открытым небом составляли 10—15 г, а максимальные урожаи — 25—33 г сухого вещества на 1 м<sup>2</sup> в сутки (табл. 4). Если судить по максимальным приростам биомассы в установках под открытым небом, потенци-

альные возможности имеющихся штаммов далеко не исчерпаны.

По данным Пиневича и др. (1966), с продвижением с севера на юг урожайность водоросли постепенно повышается. В условиях Узбекистана максимальные урожаи составляют 25—33 г сухого вещества. Музариров и Таубаев (1974) провели сравнение урожая хлореллы и люцерны. Урожай люцерны на поливных участках при восьми укосах оказался в 7—8 раз меньше, чем хлореллы. Годовая продуктивность хлореллы в среднем по Узбекистану составляет 59—63 т/га сухого вещества.

Менее продуктивной оказалась хлорелла в условиях песков Кызылкумов (Васигов, 1969). Ее средний урожай за период вегетации составил 35 т сухого вещества на 1 га.

Опыт, накопленный в нашей стране, показывает, что стабильный урожай хлореллы, полученный в производственных установках, в 3—4 раза превышает максимальные урожаи зерновых культур.

В таблице 5 приведен выход урожая хлореллы в различных хозяйствах в пересчете на супензию плотностью 1 г/л.

Различия в урожайности хлореллы обусловлены использованием разных систем установок и технологии выращивания.

Методы подсчета урожая нуждаются в систематизации. Существует несколько способов учета урожая. Наиболее простой — подсчет клеток водоросли в камере Горяева. Расчет проводят по формуле:

$$A = \frac{H \times M}{4} \times 10^6,$$

где A — количество клеток в 1 мл;

H — число разведений супензии перед подсчетом;  
M — количество клеток, полученное при подсчете в 10 больших квадратах камеры Горяева.

Некоторые исследователи определяют выход урожая по сухому весу, для этого центрифицируют определенный объем супензии и осадок высушивают или берут определенное количество супензии хлореллы в бюксы с фильтровальной бумагой.

В производственных условиях урожай определяют количеством супензии, произведенной за сутки. Такое определение урожая позволяет судить о производ-

Таблица 4  
Продуктивность протококковых водорослей в установках под открытым небом

(по данным Музарирова и Таубаева, 1974)

Объем суспензии в установках (л)	Урожай (г/м <sup>2</sup> ) сухого вещества в сутки		Автор
	среднесуточный	максимальный	
300	2,7—7,2	—	Wassink и др., 1953 (Голландия)
100	5,6—8,4	12,6	Björkman и др., 1955 (Швеция)
200	10,2	13,6	Moysse, 1956 (Франция)
1960—3550	8,8	19,4	Kanazawa, 1958 (Япония)
2100	18,4	—	Mayer и др., 1958 (Израиль)
185 000	4,2	—	Nakamura, 1961 (Япония)
—	12,4	—	Tamaiya, 1959 (Япония)
500—9000	11,9—14,8	25,0	Jaroslav, 1968 (Чехословакия)
100—1700	7,0—14,0	21,0	Русина, 1961 (Москва)
15 200	7,3—10,0	15,1	Пиневич и др., 1963 (Ленинград)
600—5 000	9,5—18,4	27,0	Васильева и др., 1964 (Забайкалье)
100—10 000	10,2—14,5	33,0	Милоградова и др., 1966 (Ташкент)
500—1500	11,7—14,0	28,0	Махаметбеков, 1966 (Душанбе)
—	8,4	13,8	Карагулян и др., 1968 (Ереван)
650—800	8—12,2	18,8	Глазачева, 1968 (Подмосковье)

Таблица 5

## Урожай хлореллы в хозяйствах страны

Хозяйство	Производство супензии за сутки (г)	Плотность супензии (г/л)	Выход супензии при плотности 1 г/л	Площадь помещений (м²)	Произведено стандартной супензии на 1 м² за сутки (л)
<b>Колхозы</b>					
Имени Шевченко Щербинского района Краснодарского края	2	0,75	1,5	—	—
Имени XXII съезда Бахчисарайского района Крымской области	2,5	0,25	0,8	324	2,5
«Червонный маяк» Боровского района Харьковской области	4,5	1,0	4,5	480	9,4
«Путь к коммунизму» Владимирского района Астраханской области	5	1,25	6,7	—	—
«Кавказ» Тбилисского района Краснодарского края	50	0,25	12,2	1520	8,0
Совхоз «Индустрия» Ростовской области	50	0,25	12,2	660	18,4

ственной мощности, однако величины получаются не сравнимыми. Например, в одних хозяйствах супензию снимают при плотности 2 г/л, в других — 1 г/л и 0,25 г/л.

Учитывая простоту и удобство определения урожая в литрах супензии, производимой за сутки, этот метод можно рекомендовать для всех хозяйств. Однако пересчет желательно производить на супензию с одинаковой плотностью, например 1 г/л. Единый показатель позволит сравнивать урожай хлореллы в различных зонах страны.

В ряде случаев промышленные установки снабжены автоматическими датчиками контроля, которые графически отсчитывают прирост биомассы. Плотность супен-

зии можно определять с помощью ФЭК-М или ФЭКН-57 (Терсков, 1964; Сидько и Ерошин, 1964). Иногда для определения числа и размеров клеток водорослей используют электронный счетчик частиц.

В нашей стране хлореллу рассматривают как биологический стимулятор, поэтому на корм животным ее используют в виде супензии. Водоросли на фермы отправляют ежедневно. Перевозят их в цистернах или перекачивают по трубам. В отдельных случаях хлореллу используют в виде сильно загустевшей супензии, пасты или порошка. В этом случае надо отделять клетки хлореллы от питательного раствора с помощью центрифуги. Иногда супензию высушивают, не отделяя от раствора.

В Чехословакии супензию хлореллы центрифицируют и получают корм в виде сильно загустевшей супензии, порошка или гранул (в зависимости от используемых центрифуг). Японские исследователи работают с мощными центрифугами, производительность которых до 500 л/час; в Биологическом институте ЛГУ и в Таджикистане хлореллу отделяют на суперцентрифуге СГО-100, производительность ее 750 л/час. Получение хлореллы в виде пасты требует большой затраты ручного труда для расчистки суперцентрифуг, поэтому рациональнее получать загустевшую супензию с помощью центрифуг, которые промываются автоматически.

В Японии разработан метод осаждения хлореллы под действием различных химических веществ. Для этой цели используют соли альгиновой кислоты, квасцыожженые или кристаллические, гашенную известь, марганцевокислый калий и другие (Накамура, 1959).

Наиболее эффективным коагулянтом является тетрахлорид титана в концентрации 0,01%, а также 10%-ный раствор сернокислого марганца из расчета 4 мл на 1 л супензии. Расход гашеной известы составляет 0,5—1 г на 1 л. В Узбекистане (Музрафов и Таубаев, 1974) хлореллу осаждают известковым молоком (1%-ный раствор по 50—70 мл/л супензии). Осаждение при этом происходит за 4—6 часов.

После отделения биомассы от раствора ее трудно сохранять длительное время. Свежую пасту надо скармливать в течение суток, иначе в ней происходит разложение белка и окисление жиров. Биомассу можно хранить только в консервированном виде.

## Консервирование

Как уже было отмечено, урожай хлореллы снимают в виде суспензии или пасты. Суспензию, если оставить на свету в открытых емкостях, можно хранить в течение 10 и более дней. Пасту из водорослей долго хранить нельзя. Если она предназначена на короткий срок хранения, то ее пастеризуют при 80—90°C в течение 30 мин, при длительном сроке хранения консервируют дегидрированием или химическим способом.

Существует три метода дегидрирования. Два из них (лиофильная и спиртовая сушки) практического применения в животноводстве не имеют. Третий метод (тепловая сушка) основан на удалении влаги из пасты при помощи нагревания в сушилках или сублимационным методом в вакууме при температуре 100—200°C. Паста хлореллы вязкая, поэтому из нее можно приготавливать плотные гранулы, которые хорошо сохраняются в течение длительного срока.

Учитывая перспективы развития комбикормовой промышленности и оснащение хозяйств современной техникой для приготовления кормов, простым и возможным способом консервирования хлореллы может быть ее брикетирование и гранулирование в смеси с другими кормами. Для этого в грануляторы подается определенное количество воды, ее можно заменить стандартной или загустевшей суспензией или негустой пастой. Гранулы, приготовленные из кормов с включением хлореллы, более плотные и питательные. В опытах для химического консервирования хлорелловой пасты была применена смесь соляной кислоты и поваренной соли (Сальникова, 1967). На 1 кг пасты вносили по 7,5 г соляной кислоты и 30 г поваренной соли. Из всех способов консервирования этот самый дешевый. Консервированную пасту можно вносить в увлажненные мешанки, комбикорма, брикеты или гранулы. Срок ее хранения восемь месяцев.

Для консервирования хлорелловой пасты можно использовать сорбиновую (2 г на 1 кг пасты) или лимонную (0,1—1 г на 1 кг пасты) кислоты (Музагаров, Таубасев, 1974).

Таким образом, при использовании хлореллы в виде пасты наиболее приемлемым способом заготовки ее впрок является включение в брикеты или гранулы. Учи-

тывая, что в загустевшей суспензии или пасте происходит значительная потеря питательных веществ даже в течение суток, после уборки урожая водоросли сразу же рекомендуется консервировать химическим способом. Консервированная паста по мере надобности может быть использована для приготовления комбикормов или полнорационных кормовых смесей.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ

Химический состав хлореллы лабилен. Он зависит от состава питательной среды, на которой она выращена. В условиях достаточного азотного питания хлорелла содержит более 50% протеина, 35% углеводов, 5% жира и 10% минеральных солей.

В опытах Спера и Мильнера (Spoehr, Milner, 1956) было показано, что путем изменения минерального питания, температурных и световых условий можно выращивать водоросли с различным соотношением питательных веществ, например, такого содержания:

58% белка, 37,5% углеводов и 4,5% жира;  
8,7% белка, 5,7% углеводов и 85,6% жира;  
28,3% белка, 16,2% углеводов и 45,5% жира.

В наших опытах изучен химический состав хлореллы (штамм 157), выращиваемой на разных средах (табл. 6). Органо-минеральные среды состояли из жидкого национального (1 : 20 и 1 : 40) и диаммонийфосфата (2 г/л), минеральной средой была среда Тамия. В среду вводили технический раствор фенолята натрия в концентрации 0,1%. Результаты исследований показали, что в хлорелле, выращенной на органических средах, по сравне-

Таблица 6  
Химический состав хлореллы, выращенной на разных средах  
(по данным Сальниковой и Раимовой)

Среды	Протеин (%)	Каротин (мг/кг)	Жир (%)	Зола (%)	Кальций (г/кг)	Фосфор (г/кг)
Тамия	38	480	0,37	3,34	2,41	4,79
Тамия+0,1% ТРФН	35	111	2,00	4,92	2,17	12,56
НС (1 : 20)+0,1% ТРФН	39	262	7,49	10,10	2,30	15,30
НС (1 : 40)+0,1% ТРФН	43	272	4,47	10,50	1,52	14,60

нию с выращенной на минеральных средах содержалось больше жира и фосфора, а на минеральных — каротина. ТРФН значительно повышал ассимиляцию хлореллы фосфора и снижал уровень каротина. При введении в среду ТРФН происходило перераспределение в пигментном спектре хлореллы. Если содержание каротина и а-хлорофилла понижалось, то в-хлорофилла, лютеина и виолаксантина повышалось. Сумма пигментов на органо-минеральных средах была выше, чем на органических.

Рахимов и Якубов (1971) сравнивали состав хлореллы, выращенной на средах О4, КП (куриный помет 2,5—3,5 г/л), ЭТШ (экскременты тутового шелкопряда) и ЭТШ + глауконит. В их опытах на минеральных средах в хлорелле также оказалось больше каротина и белка, а на органических — жира и углеводов.

Разные методы консервирования хлореллы оказывают различное влияние на ее химический состав (табл. 7). В наших опытах было показано, что у хлореллы ли-

Таблица 7  
Химический состав хлореллы в зависимости от способа консервирования  
(по данным Сальниковой, 1967)

Способ консервирования	Составные вещества	Содержание (%)							В 1 кг хлореллы			
		общая влага	сухое вещество	органическое вещество	зола	протеин	жир	клетчатка	БЭВ	Ca (г)	P (г)	каротин (мг)
Лю- фильная сушка	Натуральное сушка	11	89	83,3	5,7	54,1	7,0	5,0	17,2	7,4	1,5	199
	Абсолютно сухое	—	100	93,6	6,4	50,8	7,9	5,6	19,3	8,3	1,7	224
Химиче- ский ме- тод	Натуральное сушка	73	27	24,6	2,4	13,6	3,9	1,4	5,8	2,2	0,4	131
	Абсолютно сухое	—	100	91,3	8,7	50,3	14,3	5,2	21,5	8,1	1,6	487
Терми- ческая сушка	Натуральное сушка	9	91	83,0	8,0	46,5	11,3	4,8	20,9	9,6	5,1	186
	Абсолютно сухое	—	100	91,3	8,7	50,9	12,3	5,2	22,9	7,1	1,4	203

офильной сушки больше содержится протеина, а у хлореллы, законсервированной химическим способом, — каротина. При хранении водорослей происходят потери питательных веществ.

В отношении кормовых достоинств хлореллы наибольший интерес представляют белки, жиры, витамины и минеральные вещества.

Белки. Протеина хлорелла содержит больше, чем пивные дрожжи, соевая мука или обезжиренное сухое молоко. Но, как известно, высокое содержание белка еще не гарантирует полноценности корма. Необходимо, чтобы белки содержали определенный набор аминокислот.

Изучением состава белков хлореллы занимались Хайами и Чино (Hayami, Shino, 1959), Фишер и Барлью (Fisher, Burlew, 1953), Фауден (Fowden, 1952), Томмэ и Алексеев (1970) (табл. 8).

Таблица 8

Содержание аминокислот  
(% от сухого вещества хлореллы)

Аминокислота	В среднем	По исследованиям			
		Томмэ и Алексеева	Хайами и Чино	Фишера и Барлью	Фаудена
Изолейцин	2,38	1,41	2,88	1,69	3,5
Лейцин	4,70	3,46	6,85	1,99	6,1
Лизин	5,15	2,41	5,55	2,43	10,2
Фенилаланин	2,94	2,29	4,08	2,14	2,8
Метионин	0,97	0,68	1,23	0,56	1,4
Треонин	2,69	2,01	3,89	1,91	2,9
Валин	3,91	2,52	4,97	2,67	5,5
Гистидин	1,46	0,66	1,24	0,65	3,3
Аргинин	6,10	2,72	5,51	2,39	15,8
Триптофан	1,24	—	1,23	0,41	2,1
Общий азот	9,22	—	12,34	—	6,1
Протеин	62,16	69,4	77,13	40	—

В хлорелле содержатся все десять незаменимых аминокислот. Кроме этого, в ее состав входят аспарагиновая и глютаминовая кислоты, глиокол, серин, аланин, цитрулин, тирозин, пролин, гамма-аминомасляная кислота и β-аланин. Содержание нукleinовых кислот в

хлорелле варьирует от 4 до 7%. Полноценность белков подтверждают работы Костиной (1969), Ланской и др. (1964). Некоторые из аминокислот содержатся в хлорелле в таком количестве, что ее можно сравнить с кормами животного происхождения.

В таблице 9 приведено содержание незаменимых аминокислот в хлорелле и в некоторых кормах с высоким содержанием белка.

Таблица 9  
Содержание аминокислот в хлорелле и некоторых кормах  
(г в 1 кг)\*

Корма	Аминокислоты								
	лизин	метионин	триптофан	аргинин	гистидин	лейцин + изолейцин	фенилаланин	треонин	валин
Хлорелла	51,5	—	12,4	61,0	14,6	70,8	29,4	26,9	39,1
Мука травяная люцерновая	10,1	2,0	3,1	8,3	4,7	18,8	6,2	8,2	8,2
Мука травяная виковая	6,2	2,6	2,6	9,9	4,4	19,4	8,4	7,8	11,3
Мука сенная гороховая	7,1	3,6	4,3	10,4	5,4	2,4	9,2	6,8	9,6
Зерно вики	14,6	2,7	1,8	22,9	8,8	27,4	7,2	9,4	8,1
Зерно гороха	13,4	2,6	1,1	14,2	7,1	20,5	9,5	8,4	8,6
Дрожжи гидролизные кормовые	32,6	6,3	4,1	23,6	8,5	41,0	19,3	21,9	22,9
Жмых подсолнечниковый	24,3	7,6	—	18,3	—	42,4	9,2	19,4	12,0
Шрот льняной	12,9	5,4	5,7	29,7	7,2	39,8	15,7	12,9	19,7
Молоко	33,5	8,8	2,7	15,9	8,4	46,0	9,8	15,5	11,5
Рыбная мука	49,4	13,5	—	42,4	12,3	63,6	25,4	23,4	38,2
Мясо-костная мука	21,3	5,5	—	2,5	8,1	39,2	11,9	11,5	17,5
Мясная мука	31,0	5,2	5,8	33,1	8,4	38,8	14,2	25,2	25,2
Яйца куриные	8,2	4,3	2,1	8,2	3,0	19,8	7,1	6,2	9,5

\* Данные о содержании аминокислот в кормах заимствованы из книги М. Ф. Томмэ и Р. В. Мартыненко «Аминокислотный состав кормов», М., 1972 г.

В рационах животных наиболее дефицитны лизин, метионин и триптофан. Рационы по аминокислотам балансируют подбором кормов или добавлением синтетических аминокислот. С помощью синтетических аминокислот можно восполнить 5—10% их количества в

рационе. Это количество аминокислот можно возместить и введением в рацион хлореллы: для свиноматок 50—100 г на голову в сутки, курам — 20—30 г.

**Витамины.** Содержание витаминов в хлорелле зависит от ее возраста и условий выращивания (табл. 10). Хлорелла богата каротином, которого в ней в 3 раза больше, чем в травяной муке (Geoghegan, 1954) или в 500 раз больше, чем витамина А в молоке (Накамура, 1963). Витамина С в свежей хлорелле столько же, сколько в лимонном соке (Geoghegan, 1954) или в 100 раз больше, чем в молоке (Накамура, 1963). При направленном выращивании водорослей, по-видимому, можно достичь желаемых результатов по синтезу того или иного витамина. Это показано в работе Милоградовой (1961) по синтезу витамина В<sub>12</sub>.

Таблица 10

Витамины	По результатам исследований	
	Гасвской	Фишера и Барлью
Каротин	1000—1600	480
B <sub>1</sub>	2—18	5—18
B <sub>2</sub>	21—28	44
B <sub>6</sub>	9	22
B <sub>12</sub>	0,025—0,1	0,07
C (в свежих клетках)	1000—2500	1500—3000
Эргостерин	4000	—

По содержанию каротина хлорелла превосходит все растительные корма (табл. 11). Каротин является предшественником витамина А. Роль этого витамина в обмене веществ животных хорошо известна.

Состав витаминов в хлорелле зависит от штамма культуры и питательной среды. По данным Селяметова и Якубова (1971), наибольшим содержанием каротина отличаются штаммы: Chlorella sp. (p-1) hstr. Chlorella CO 10(25), Chlorella pyrenoidosa УА-1-1 (табл. 12). Chlorella vulgaris (157) накапливала каротина больше

Таблица 11  
Витаминный состав хлореллы и некоторых кормов

Корма	В 1 кг содержится				
	каротина (мг)	витамины			
		D(МЕ)	B <sub>1</sub> (мг)	B <sub>2</sub> (мг)	B <sub>12</sub> (мкг)
Хлорелла	До 1600	1000	10	300	До 240
Трава настбищная	50	—	1	2,0	—
Трава люцерны	60	—	1,5	4,0	—
Сено клевера	20	До 100	2,5	6,0	—
Травяная мука люцерны	180	—	3	10	—
Силос разнотравный	15	До 100	0,6	1,0	До 1
Зерно овса	—	—	4,3	0,6	—
Жмых подсолнечниковый	—	4—6	7,5	0,5	—
Дрожжи гидролизные	—	До 20000	77	35	—

Таблица 12  
Содержание витаминов в различных штаммах хлореллы, выращенных на минеральной среде 0,4  
(мкг/г абсолютно сухого вещества)  
(по данным Селяметова и Якубова)

Штаммы	Витамины					
	A	E	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PP	B <sub>6</sub>
Chl. sp. (p-1) hstr	1341	180	4,2	7,0	—	5,3
Chl. CO 10 (25)	1126	285	4,8	12,1	130	7,4
Chl. vulgaris-157	646	140	4,6	11,2	—	4,8
Chlorella L-5	660	152	2,6	8,2	122	6,3
Chl. pyrenoidosa УА-1-1	1130	252	5,0	14,3	158	8,8

на средах 04 и 04+К (табл. 13). На органической среде (К) уровень каротина был ниже, чем на минеральной или органо-минеральной.

Потребность животных в каротине зависит от вида, возраста и пола. Чтобы удовлетворить 50% потребности животных в каротине, в рацион надо ввести хлореллы: корове 200—300 г, свиноматке — 15—25 г, курице — 1—2,5 г. Хлорелла как источник каротина мо-

Таблица 13  
Содержание витаминов в биомассе хлореллы, выращенной на разных средах (мкг/г сухого вещества)  
(по данным Селяметова и Якубова)

Штамм	Культивируемая среда	Витамины						
		A	E	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PP	B <sub>6</sub>	Холин
Chlorella vulgaris	04	646	140	4,6	11,0	142	4,8	3240
	04+К	646	164	4,2	7,2	108	5,6	3140
157	К	580	168	3,8	9,6	136	4,9	3150

жет быть перспективным кормом в рационах всех видов животных.

**Жиры.** Содержание жира в сухом веществе хлореллы значительно меняется в зависимости от состава питательной среды, условий роста водоросли (Milner, 1951), а также цикла ее развития (Kanazawa, 1964). В среде с концентрацией азота ниже 0,001 моля и сильном освещении в течение двух месяцев в клетках хлореллы накапливается до 80% веществ липидного характера, однако при этом снижается общее содержание органического вещества. Содержание жира в хлорелле колеблется от 8 до 18%. Жиры при комнатной температуре остаются жидкими, что связано с высоким содержанием в них ненасыщенных жирных кислот. Этот жир близок к другим растительным жирам, обычно употребляемым в пищу (Верещагин, Клячко-Чурвич, 1965). В составе жиров протококковых водорослей, помимо жирных кислот, характерных для высших растений, таких, как стеариновая, олеиновая, линолевая, найдены и очень редкие в природе жирные кислоты (Moysse, 1956).

Жир хлореллы ценен высоким содержанием в нем незаменимых жирных кислот. Для удовлетворения потребности животных в жирах можно выращивать хлореллу на специальных средах.

Особенно чувствительны к недостатку жира в рационе птица и звери. Чтобы сбалансировать рацион зверей по жирам, требуется ввести лишь 3—5 г хлореллы, для кур будет достаточно 2—3 г сухой хлореллы.

**Зола.** В сухом веществе хлореллы обычно содержится от 5,5 до 10% золы. В составе золы много фос-

фора, серы и магния. Содержание магния в 1 кг сухого вещества хлореллы колеблется в пределах 2,9 — 13,7 г (Scutt, 1964). Клетки хлореллы богаты йодом. Содержание микро- и макроэлементов в хлорелле зависит от состава питательной среды.

В состав питательных сред входят такие биологически активные элементы, как железо, цинк, кобальт, медь, марганец, молибден и другие. Роль этих элементов в обмене веществ у животных известна. В силу видовых и других различий потребность животных в отдельных элементах неодинакова. Рационы не всегда удовлетворяют потребность животных в элементах минерального питания. Например, свиньи часто испытывают дефицит железа, цинка, меди и кобальта. У коров железо оказывается избыточным, а цинк, марганец, кобальт, медь и йод — дефицитными. Скармливая животным хлореллу в виде суспензии, можно ликвидировать частичный дефицит элементов минерального питания: для жвачных животных целесообразно выращивать хлореллу на среде Тамия в сочетании с органическими средами. Для коровы достаточно 5 — 10 л суспензии, чтобы удовлетворить ее потребность в цинке, марганце, меди и кобальте. В организме животного в комплексе с белками, жирами и витаминами микроэлементы дают хороший эффект, стимулирующий рост и развитие.

Таким образом, лабильность химического состава хлореллы позволяет использовать ее как добавку к рационам животных с целью восполнения дефицита аминокислот, витаминов, ненасыщенных жирных кислот или минеральных веществ.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЛОРЕЛЛЫ

### Переваримость и использование питательных веществ хлореллы

Значение химического состава корма не дает полного представления о его питательности. Кроме этого важно знать, каковы будут взаимодействия корма с животным организмом. Переваривание — начальная ступень взаимодействия, при которой составные вещества корма расщепляются под влиянием ферментов и пищеварительных соков. Переваренная часть питательных

веществ всасывается и поступает в «распоряжение» организма. Переваримость отдельных составных веществ определяют по разности между питательными веществами, принятыми в корме и выделенными в кале. Она изменяется в течение жизни животного, зависит от его физиологического состояния и у разных видов животных бывает различной.

В связи с изучением кормовых достоинств хлореллы было проведено много исследований (Фишер и Барлью, 1953; Геогеген, 1954; Финк, 1955, и др.).

Неудачно завершившиеся исследования вызвали разочарование в хлорелле. Питательные вещества, которые в ней заключены, трудно усваиваются животными. Клеточные оболочки хлореллы оказались настолько прочными, что животному удается извлечь из нее мало питательных веществ. По этому поводу Блэк в 1956 г. писал, что животные смогут использовать питательные вещества хлореллы лишь в том случае, когда предварительно будет разрушена структура клеточной оболочки. Поэтому автор выражал сомнение, чтобы хлорелла могла когда-либо быть источником пищи для человека.

Сомнения Блэка давнико опровергнуты. В Японии хлорелла является пищей для человека.

Тамия (1959) и Накамура (1961) разработали рецепты включения хлореллы в различные кулинарные изделия (хлеб, макароны, кексы, коктейли) с целью повышения их вкусовых и питательных качеств. У свежей хлореллы слабый травянистый вкус и запах. Порошок из сушеної хлореллы имеет более острый запах и вкус, сходный с ароматом растертого в порошок зеленого чая или красной морской водоросли порфиры. Американские и европейские авторы сравнивают его с травянистым запахом бобов или сырой тыквы.

При добавлении сушеної хлореллы к другим пищевым продуктам вкус и запах ее малозаметны. Рецепты блюд, разработанные Тамия, содержат существенные количества хлореллы, благодаря этому они обогащены белком, жирами и витаминами.

Изучением кормовых и пищевых достоинств хлореллы в Японии занимались Хайами, Чино, Моримото и др. (Hayami, Chino, 1959; Hayami, Morimoto и др., 1959; Hayami, Matsuno, 1958, 1959).

Хайами с сотр. (1959) изучал влияние температуры, при которой происходит сушка хлореллы, на перевари-

мость ее сухого вещества. В результате опытов установлено, что чем ниже температура сушки, тем выше переваримость. Авторы в этом случае также ссылаются на то, что клеточная оболочка значительным образом влияет на переваримость питательных веществ, заключенных в ней, поэтому они пытались разрушить оболочку с помощью различных растворов и осмотического шока.

При скармливании хлореллы животным Накамура и другие исследователи рекомендуют применять сырую водорослевую пасту, а чтобы повысить ее переваримость и убить сопутствующую микрофлору, водорослевую пасту пропаривают в течение двух минут и сразу же охлаждают. Для заготовки впрок водорослевую пасту силосуют в смеси с сеном, соломой, рисовыми отрубями. Накамура рекомендует следующие нормы скармливания хлореллы (в день на голову): курам — 20 г пасты, свиньям — 1,5 кг, коровам — 2—3 кг. Сушеною хлореллы добавляют 5% к рациону.

Переваримость хлореллы свиньями была изучена в работах Хинтца и Хейтмана (Hintz, Heitman, 1965) в Калифорнийском университете (табл. 14).

Таблица 11  
Состав и переваримость водорослей

Состав хлореллы	Компоненты (%)	Коэффициент переваримости
Сырой протеин	44	56
Сырой жир	6	56
Безазотистые экстрактивные вещества	20	84
Сырая клетчатка	8	0

Опыты показали, что сырой протеин, сухое вещество и клетчатка в рационах, содержащих водоросли, свиньями переваривались значительно хуже, чем в основном (контрольном) рационе; в переваримости жира и безазотистых веществ различий не обнаружено.

В нашей стране выращивание водорослей в хозяйствах начато в 1952 г.; первые опыты по изучению кормовых достоинств хлореллы и переваримости ее различными видами сельскохозяйственных животных проведены в ордена Ленина Казанском ветеринарном институте имени Н. Э. Баумана (Салыникова, 1965, 1966).

**Переваримость хлореллы кроликами.** Исследуемый корм — хлорелла лиофильной сушки урожая лета 1963 г. Основные корма рациона: овес с незначительной примесью ячменя, сено посевное смешанное и овсяника тонкого помола. Опыт был проведен по методу перидов. Во втором периоде кролики получали по 4 и в третьем по 6 г сухой хлореллы дополнительно к основному рациону. Переваримость протеина хлореллы составила от 76 до 78%. Рассчитать переваримость других питательных веществ хлореллы не представилось возможным в связи с их малым количеством. Была предпринята попытка увеличить содержание водоросли в рационе до 8 г, однако увеличение нормы скармливания привело к отказу кроликов от корма. При увеличении нормы скармливания кроликам сушеною хлореллы до 6 г заметно изменилась консистенция кала: повысилось содержание воды, цвет стал темно-зеленый. Увеличение хлореллы до 8 г еще больше изменило консистенцию кала, а потребление воды кроликами удвоилось.

**Переваримость хлореллы овцами.** Исследуемый корм — хлорелла лиофильной сушки урожая лета 1963 г. Основные корма: сено посевное грубостебельное и незначительное количество концентратов.

Валухам породы прекос хлореллу скармливали в смеси с комбикормом утром и вечером. Овцы хорошо поедали водоросли.

Результаты опытов показали, что безазотистые экстрактивные вещества хлореллы овцами переваривались достаточно хорошо (на 70%); хуже переваривались протеин (на 52%), жир (на 51%) и клетчатка (на 33%).

Аналогично кроликам у овец при скармливании хлореллы изменяется цвет кала и повышается содержание в нем воды. Тем не менее продуктивное действие рациона с добавлением хлореллы было высоким. За 34 дня опыта среднесуточный привес у овец составил 181 г при норме 100. На основании полученных результатов был произведен расчет общей питательности хлореллы лиофильной сушки (табл. 15).

**Переваримость хлореллы свиньями.** В опытах на свиньях была изучена переваримость хлореллы термической сушки и консервированной химическим способом.

Таблица 15  
Расчет общей питательности хлореллы лиофильной сушки

Показатели	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ	Итого
В 1 кг хлореллы содержится (г)	541	70	50	172	—
Коэффициент переваримости	52,3	50,7	33,3	70,2	—
Переваримых веществ в 1 кг (г)	282,94	35,49	16,66	120,7	—
Ожидаемое отложение жира (г)	66,49	21,02	4,13	29,9	111,74
Коэффициент полноценности	—	—	—	—	97
Отложен фактически (г)	—	—	—	—	108,4
В 1 кг хлореллы содержится (корм. ед.)	—	—	—	—	0,72

Рацион состоял из следующих кормов: сенная люцерновая мука, картофель и комбикорм. Кормили свиней влажной мешанкой три раза в день.

Рацион был составлен по нормам кормления свиней беконного откорма и удовлетворял потребности в основных элементах питания. Дополнительно к рациону во втором опыте свиньям давали по 167 г хлореллы, консервированной химическим способом, а в третьем — по 300 г сушеної. В первом и втором опытах свиньи поедали корма полностью, в третьем — были незначительные остатки.

Результаты опыта показали различную переваримость изучаемых кормов (табл. 16).

Таблица 16  
Коэффициенты переваримости питательных веществ хлореллы свиньями

Обработка хлореллы	Протеин	Жир	БЭВ	Клетчатка
Консервирование химическим способом	85,4	50,0	35,3	25,0
Термическая сушка	38,8	68,9	55,5	42,3

Низкая переваримость протеина сушеної хлореллы, по всей вероятности, объясняется снижением доступности белка, вызванной процессом сушки.

За период проведения опытов отклонений от нормы в поведении свиней не наблюдалось, за исключением по-

требления воды. Как и в предыдущих опытах, скармливание сушеної хлореллы увеличило потребление свиньями воды. Консистенция кала у свиней стала более водянистой, а цвет темно-зеленым.

Консервированную химическим способом пасту свиньи поедали охотнее, чем сушеної. Однако в обоих случаях корма поедались почти без остатков. Расчеты показали, что хлорелловая паста в 1 кг содержит 0,29 корм. ед. и 116 г переваримого протеина, а сушеная соответственно 0,79 и 196 (табл. 17 и 18).

Таблица 17  
Расчет общей питательности хлореллы, консервированной химическим способом

Показатели	Протеин	Жир	БЭВ	Клетчатка	Итого
В 1 кг хлореллы содержится (г)	135,6	38,7	58	13,9	—
Коэффициент переваримости (%)	85,31	50	35,29	25	—
В 1 кг хлореллы содержится переваримых веществ (г)	115,74	19,4	20,46	3,48	—
Ожидаемое отложение жира (г)	27,2	11,6	5,07	0,9	44,77
Кормовых единиц	—	—	—	—	0,29

Таблица 18  
Расчет общей питательности хлореллы термической сушки

Показатели	Протеин	Жир	БЭВ	Клетчатка	Итого
В 1 кг хлореллы содержится (г)	465,4	112,9	209,1	47,8	—
Коэффициент переваримости (%)	38,84	68,9	55,45	42,3	—
В 1 кг содержится переваримых веществ (г)	181,5	77,79	115,95	20,1	—
Ожидаемое отложение жира (г)	42,6	46,52	28,76	4,78	122,66
Кормовых единиц	—	—	—	—	0,79

Питательные вещества водорослевой пасты переваривались свиньями лучше, чем сушеної хлореллы, поэтому животным лучше скармливать супспензию или пасту хлореллы.

Термическая сушка увеличивала гигроскопичность хлореллы, в связи с этим снижалась переваримость кор-

мов рациона. Опыты показали преимущества лиофильной сушки хлореллы.

Переваримость кормов рациона с добавлением к ним хлорелловой суспензии изучена при откорме бычков (Макотро и др., 1970).

Основной рацион бычков состоял из хлопковой шелухи (7,9 кг), хлопчатникового шрота (1,5 кг) и комбикорма (1 кг). В качестве источников каротина вторая группа бычков получала в первый период опыта хлорелловую суспензию, а третья — травяную муку. Во второй период опыта была использована хлорелла в виде пасты.

Хлорелла оказала положительное влияние на переваримость протеина в рационе животных, при этом баланс азота увеличился почти вдвое. Таким образом, суспензия хлореллы явилась биологическим стимулятором, ее действие направлено на усиление обменных процессов в организме животного.

В опытах, проведенных на бычках Асраровым (1971), установлено, что животные, получавшие дополнительно хлорелловую пасту, лучше переваривали сухое вещество, протеин, жир и клетчатку, лучше усваивали азот и минеральные вещества, чем бычки контрольной группы (табл. 19).

Таблица 19

*Переваримость питательных веществ рациона (%),  
в опытах на бычках (по данным Асрарова)*

Группа	Сухое вещество	Органическое вещество	Протеин	Жир	БЭВ	Клетчатка
Контрольная	62,9	63,1	54,6	88,0	62,5	65,7
1-я опытная	61,8	63,4	51,9	85,7	60,5	61,4
2-я »	72,8	73,6	65,5	93,2	72,4	75,2

Чем больше содержалось в рационе хлорелловой пасты, тем выше были показатели переваримости и обмена веществ. Следовательно, хлорелла в виде пасты является ценным компонентом при откорме крупного рогатого скота на отходах.

Таким образом, в опытах, проведенных на лабораторных и сельскохозяйственных животных, было показано, что сушеная хлорелла трудно переваривается и,

если она введена в рацион в значительном количестве, отрицательно влияет на переваримость и использование питательных веществ рациона.

Суспензия хлореллы и паста оказывают стимулирующий эффект на переваримость и использование питательных веществ рациона.

### Влияние хлореллы на продуктивность

Продуктивное действие хлореллы было изучено на разных видах животных. В опытах на курах использовали сушеную хлореллу, пасту, сильно загущенную суспензию и обычную суспензию, плотность сухого вещества которой 0,25 — 50 г в 1 л. Хлорелла, скормленная во всех видах, способствовала увеличению яйценоскости, привеса и предупреждению заболеваний. При введении сушеной хлореллы яйценоскость увеличилась до 24%, при введении пасты — до 30%, загустевшей суспензии — до 23% и обычной суспензии — до 15%. Поскольку дозы введения хлореллы в рацион кур были различными, то яйценоскость увеличивалась от 7 до 30%. Оптимальная норма скармливания хлореллы курам на голову в сутки: сушеная 5 — 7 г, паста 7 — 10 г, сильно загустевшая суспензия 7 — 15 мл, обычная суспензия до 50 мл. При этом следует учитывать, что количество суспензии, выращенной на среде Тамия, следует ограничить до 3 — 5 мл, поскольку длительное применение такой суспензии может вызвать отрицательное влияние на организм в связи с передозировкой солей. В рационах цыплят суспензия хлореллы давала прибавку привесов до 11%, паста — 13 — 16% и обычная суспензия — 12 — 40%. При этом сохранность цыплят увеличивалась на 2 — 23%. Хлореллой можно заменять в рационах каротин и белки растительного или животного происхождения от 10 до 25% их потребности. Суспензия хлореллы, введенная в рационы кур и цыплят, улучшала аппетит птицы (увеличивалась поедаемость кормов). Опыты на курах были проведены в разных странах. Так, в Японии (Накамура, 1963) включение хлореллы в рацион кур в виде пасты (10%) привело к увеличению яйценоскости на 20 — 30%. В Италии (Tuttobello и др., 1969) хлорелловую пасту применяли с целью увеличения пигментации куриного желтка.

В опытах Balasubramanya и Rangaswami (1972) хлореллой в рационах цыплят заменили на 50% рыбную муку. При этом вес цыплят был на 155% выше контрольных.

В Болгарии из протококковых водорослей широко используются хлорелла и сценедесмус. Ангелова и др. (1973) в рационах цыплят заменили рыбную муку и соевый шрот сушеными водорослями (2 и 4% в составе рациона). Преимущества водорослей по сравнению с рыбной мукой и соевым шротом не было выявлено. При этом проведено также сравнение влияния на продуктивность обычных водорослей и водорослей, лишенных оболочек. В результате исследований разницы не установлено.

В нашей стране накоплен достаточный опыт по применению хлореллы в птицеводстве. В исследованиях автора (1967) хлореллу использовали в виде суспензии, сильно загущенной суспензии (50 г/л) и муки. В опытах, проведенных на курах, хлореллой в рационе заменили растительные белки. Куры, в рационе которых была суспензия хлореллы, отличались большей яйценоскостью по сравнению с курами, которым скармливали сушеную хлореллу.

Опыты по изучению продуктивного действия хлореллы на курах и цыплятах проведены в Узбекистане. Музаров, Таубаев и др. (1967) использовали в кормлении кур сушеную хлореллу (10% в составе рациона). При этом яйценоскость увеличивалась на 20—30%.

В других опытах Музаров, Таубаев и др. (1969) в рацион цыплят включали пасту хлореллы (0,5—2 г в день на голову). Применение пасты позволило увеличить привес цыплят на 26—30,3% и повысить накопление витаминов в печени в 2—3 раза.

Нескубо и др. (1972) применяли хлорелловую пасту с целью повышения привесов цыплят и яйценоскости молодок. У молодок, которым скармливали по 3 г пасты в день, получен привес на 13% и яиц на 9,6% больше, чем у контрольных.

Селяметов (1972) использовал хлорелловую пасту как источник витамина А.

В других опытах, проведенных в разных зонах нашей страны, хлореллу использовали как белковую, витаминную добавку к рационам или как биологический стимулятор.

Большой опыт накоплен и в производственных условиях. Так, на межколхозной птицефабрике Красногородского района Саратовской области суспензия хлореллы повысила яйценоскость кур на 12—15%. На Волгоградской областной сельскохозяйственной станции применение суспензии хлореллы в рационах цыплят повысило их привес на 12,8%, живой вес на 5,8 и сохранность на 2%, а в колхозе «Кавказ» Краснодарского края привес у цыплят оказался на 30—40% выше, чем у сверстников. В колхозе «Путь к коммунизму» Астраханской области суспензия хлореллы не только увеличила привес и яйценоскость, но и в 7 раз сократила падеж цыплят. Положительные результаты по сохранности поголовья получены также в колхозе «Червонный маяк» Харьковской области. Применение суспензии хлореллы позволило здесь сократить падеж на 20—23%. Положительные результаты применения хлореллы были получены и на других видах животных.

В опытах Накамура (1963) скармливание хлорелловой пасты поросятам вдвое увеличило их привес, а скармливание свиноматкам по 1,5 кг в день на голову увеличило их молочность и плодовитость, вес отъемышей на 25% был больше, чем в контрольной группе.

В совхозе «Куйбышевский» Запорожской области хлореллу вымывали подсвинкам из расчета 3 л в день на голову. При этом среднесуточный привес увеличился на 10%, а расход кормов сократился на 7% (Нескубо, Гончаренко, 1973).

Положительные результаты от скармливания хлореллы получены и в опытах многих других исследователей (Бакай, 1966; Асанов, 1971; Ильинский, 1972, и др.).

Применение хлореллы в рационах свиноматок увеличивает их молочность и плодовитость. При этом хлорелла приравнивается по питательности к кормам животного происхождения, и ею можно заменять до 12% протеина в рационе свиней. У подсвинков хлорелла повышает привес на 10—25%, у поросят-отъемышей — на 12—30%, а у поросят-сосунов — в 2 раза. Расход кормов сокращается на 7%.

Хлорелла оказывает положительное влияние и на молочную продуктивность коров. По данным Накамура (1963), хлорелловая паста в количестве 10% в составе рациона увеличивает удои коров на 20%. В опытах

Понировского и Нуризарова (1972) прибавка молока у коров от применения супензии составила 17%.

Однако следует отметить, что опытов по изучению влияния хлореллы на удои коров проведено недостаточно и этот вопрос заслуживает внимания.

Гораздо подробнее изучено влияние хлореллы на привесы крупного рогатого скота. В Узбекистане при откорме молодняка (Нескубо, 1966) супензия хлореллы позволила получить дополнительный привес 15—20% и сократить затраты кормов на 13—14%. Увеличение нормы выпойки хлореллы улучшило показатели. Так, при выпойке 12 л супензии телятам среднесуточные привесы были получены по 1506 г (Нескубо, 1970).

В колхозе «Червоный маяк» Харьковской области супензию хлореллы выпаивали телочкам в возрасте 10—11 месяцев по 2—3 л в день на голову. Дополнительный привес при этом составил 40%.

В совхозе «Куйбышевский» Запорожской области норма выпойки хлореллы была более высокой. Бычкам на откорме давали по 7 л супензии дополнительно к рациону. Это увеличило их привесы на 13% по сравнению с контрольными.

Аналогичные результаты были получены в колхозе имени Ленина Большемурашкинского района Горьковской области. Норма выпойки супензии в этом хозяйстве для телят 1—3 л, для взрослых животных 8—12 л. В большинстве случаев хлореллу телятам выпаивают в виде супензии.

Асрапов (1971) использовал пасту хлореллы с целью предупреждения гессиполового отравления бычков при откорме их на хлопчатниковых кормах. В данном случае хлорелла являлась и источником каротина. Каждому бычку в сутки скармливали по 100 и 300 г хлорелловой пасты. Привес подопытных телят по сравнению с контрольными был выше на 7,4—14,3%.

В опыте, проведенном на Орджоникидзевском откормочном пункте Ташкентской области (1969), основной рацион телят состоял из хлопчатникового шрота — 1,5 кг, комбикорма — 0,8, хлопчатниковой шелухи — 9,2 и барды — 4,2 кг. Телятам опытной группы дополнительно к рациону скармливали по 150 г хлорелловой пасты с содержанием в ней 51—54 мг каротина. В результате среднесуточный привес телят опытной группы увеличился на 54%, а затраты кормов снизились на

29%. Вместе с тем хлорелловая паста оказала положительное влияние на биохимические показатели крови и обменные процессы в печени телят.

Овцы по типу пищеварения сходны с крупным рогатым скотом, поэтому результаты продуктивного действия отдельных видов кормов чаще всего получаются аналогичными. В опытах, проведенных на Орджоникидзевском, Самаркандинском и Бухарском откормочных пунктах Узбекистана и на Ташкентской центральной откормочной базе (Нескубо, 1966), скармливание овцам по 1 л супензии хлореллы увеличило их привес на 15—20%. В опытах Амарьянца (1970) супензию хлореллы скармливали овцам каракульской породы по 0,5—2 л на голову в сутки. Дополнительный привес получен от 8,5 до 43,7%.

Исследований по изучению влияния хлореллы на организм кроликов проведено пока недостаточно. В опытах Беренштейна (1964) использовалась сушеная хлорелла и супензия с плотностью 0,3 г в 1 литре. Сушеную хлореллу скармливали по 1 и 2 г в день на голову, а супензию по 34 мл. За 30 дней опыта дополнительный привес от скармливания сушеною хлореллы составил 26—35%, от применения супензии — 11%. Следует отметить, что более высокий привес был получен в группе, получавшей по 1 г хлореллы. Введение в рацион 2 г сушеною хлореллы снизило привес на 9%, поскольку у кроликов понизился аппетит (наши опыты это подтвердили).

Кролики довольно охотно потребляют супензию. В наших опытах, проведенных в лабораторных условиях, кроликам выпаивали по 50 мл супензии в сутки в течение трех зимних месяцев с целью стимулирования охоты. Через две недели с начала выпойки матки были оплодотворены, а через 30 дней от них получили здоровый приплод.

Супензию скармливали маткам в течение беременности и подсоса. С трехдневного возраста крольчата вместе с самками охотно поедали ее. Случаев заболеваний или падежа не отмечено.

Таким образом, в рационах кроликов более целесообразно использовать хлореллу в виде супензии.

Необходимо отметить, что хлорелла обладает высоким продуктивным и стимулирующим действием. Положительные результаты от применения хлореллы

проявляются в увеличении привесов, удоев, яйценоскости. Хлорелла стимулирует рост и охоту у животных. Весьма перспективно использовать ее в виде пасты, сильно загустевшей или обычной супензии. Различные, результаты от применения хлореллы можно объяснить условиями кормления и содержания животных, их физиологическим состоянием, породными различиями, а также тем, что в опытах использованы разные штаммы водорослей, которые выращены в разных условиях при использовании множества питательных сред.

### Влияние хлореллы на качество продукции

Характерной чертой достоинства корма является качество животноводческой продукции, полученной от его скармливания животным. Хлорелла обладает специфическим запахом и вкусом. Плохо, если селедочно-травянистый вкус водоросли стойко будет передаваться мясу, молоку или яйцу. При выпаивании животным хлореллы в виде супензии опасений по этому поводу быть не может. Супензия безвкусна и запаха почти не имеет, но если водоросль используют не как добавку, а в качестве корма, сушеную или пастообразную, то, кроме отрицательного влияния на вкусовые качества продуктов, возможно отрицательное воздействие на биохимические свойства жиров, поскольку жир хлореллы насыщен непредельными жирными кислотами. Вместе с тем в хлорелле содержатся полноценный белок и витамины.

Для изучения поставленных вопросов нами были проведены опыты на курах и свиньях.

В опытах на курах изучены влияние хлореллы на содержание каротина в желтке, вкусовые качества яиц и их инкубационные свойства.

В результате опытов установлено, что самое высокое содержание каротина было в яйцах кур, которым скармливали сушеную хлореллу (18—22 мг/г), затем супензию (14—20 мг/г) и самое низкое — в контроле (13—14 мг/г).

Повышение содержания витаминов в яйце положительно отражается на его инкубационных качествах. Лучшие результаты получены при инкубировании яиц, полученных от кур, в рационе которых была сушеная хлорелла.

Следует отметить, что самый большой отход при инкубировании был за счет неоплодотворенных яиц. Выявилось, что оплодотворяемость находилась в прямой пропорциональной зависимости от содержания каротина в желтке.

Полученные при инкубации цыплята имели различную окраску, по степени яркости которой можно было судить о содержании каротиноидов в желтке.

Рост и развитие цыплят контролировались до месячного возраста. Хороший аппетит, рост и развитие были у цыплят, полученных из яиц кур, в рационе которых была сушеная хлорелла.

В опытах на свиньях нами изучено качество мяса и сала свиней, выращенных на рационе, в составе которого была хлорелла (табл. 20).

Таблица 20  
Химический состав и физические свойства мяса и сала свиней

Показатели	Содержание (%)			Температура (°C)		Иодное число (един.)
	вода	белок	жир	плавления	застывания	
Свинина (по ГОСТ)	72,55	20,08	6,6—17,6	—	—	—
Свиной жир (по ГОСТ)	0,25—0,3	1,7—9,8	90—98	34—46	26—32	46—77
Мышцы:						
спины	64,8	20,03	14,8	—	—	—
поясницы	71,02	22,7	6,5	—	—	—
Сало	0,33	5,68	91,96	40	42	48
Жир сальника	0,32	2,36	96,85	38	30	50

Результаты, приведенные в таблице 20, показывают, что опасения в отношении отрицательного влияния непредельных жирных кислот оказались напрасными: сало и мясо свиней отвечало требованиям стандарта.

Для определения вкусовых качеств мяса была проведена дегустация, на которой присутствовали сотрудники ордена Ленина Казанского ветеринарного института имени Н. Э. Баумана, в том числе специалисты по ветеринарно-санитарной экспертизе. Присутствующие

признали мясо и бульон вкусными, без постороннего привкуса и запаха.

Следует напомнить, что сушеная хлорелла в рационе свиней составляла 13% от общей питательности, или 17,5% по протеину. Наши расчеты показали, что 5% хлореллы в рационе свиней обеспечат баланс его по аминокислотам и витаминам. Таким образом, в рационах свиней хлорелла может быть использована не только в качестве добавки, но и как белково-витаминный корм.

При дегустации яиц были противоречивые мнения: одни дегустаторы не обнаружили постороннего запаха или вкуса, другие утверждали, что слегка заметный омыляющий привкус есть в яйцах кур, в рацион которых введено 4% сушеної хлореллы. Для сбалансирования рационов кур по витаминам и аминокислотам требуется 4—5% хлореллы. Такое количество хлореллы обеспечивает получение яиц с высокими инкубационными качествами. В связи с тем, что результаты дегустации настораживают, сушеную хлореллу следует включать в первую очередь в рационы племенных кур. При производстве товарного яйца, может быть, целесообразно ограничиться 3% или использовать хлореллу в виде сильно загущенной суспензии. Дегустаторам не удалось уловить разницы во вкусе и запахе яиц кур, в рационе которых была густая суспензия хлореллы, однако эти яйца отличались яркой окраской желтка и повышенным содержанием каротина.

О положительном влиянии водорослей на качество животноводческой продукции указывают работы и других исследователей. Например, в опытах Понировского и Нуризарова (1972) использование суспензии хлореллы в рационах коров повысило жирность молока, а в опытах Абакумовой (1966) хлорелловая паста позволила получить хороший выход тушек цыплят без изменения химического состава мяса.

Таким образом, результаты исследований показали, что хлорелла оказывает положительное влияние на качество продукции. Она увеличивает содержание в яйце витаминов, улучшает инкубационные свойства яиц, поэтому сухую хлореллу целесообразно вводить в рационы племенных кур. Паста и сильно загустевшая суспензия в отличие от сушеної хлореллы не ухудшают вкусовых качеств продуции.

## Механизм действия хлореллы как биологического стимулятора

К биологическим стимуляторам относятся вещества, которые в малых количествах значительно увеличивают усвоение и использование питательных веществ, это ферменты, гормоны, антибиотики, витамины, микроэлементы, аминокислоты.

Хлорелла содержит перечисленные вещества, поэтому многие исследователи относят ее к биологическим стимуляторам.

Биостимуляторы в рационы животных вводят в малых количествах, поэтому к их числу надо отнести лишь суспензию хлореллы. В 10 л суспензии содержится всего лишь 5—20 г сухого вещества хлореллы, однако применение суспензии во многих случаях оказывается эффективным. Сушеную хлореллу, пожалуй, следует отнести к биологическим полноценным кормам или добавкам.

Известно, что механизм действия биостимуляторов различен. Одни из них ускоряют распад и синтез веществ, другие (антибиотики), подавляя действие патогенной микрофлоры, способствуют усилению обмена веществ в организме, третий (аминокислоты и микроэлементы) используются для синтеза витаминов или ферментов и только после этого включаются в обменные реакции и значительно катализируют их.

На какие же функции направлен механизм действия хлореллы? Ведь по своему составу суспензия водоросли так богата различными компонентами, что трудно сказать, какой из них оказывает наиболее сильное влияние на обмен веществ.

Для изучения механизма действия хлореллы нами была проведена серия опытов на телятах-молочниках, поскольку у телят в процессе пищеварения сочетаются все процессы (механические, химические и микробиальные).

Механическая деятельность включает пережевывание корма телями и мускульные сокращения пищеварительного тракта. Химическое действие осуществляется ферментами, выделяемыми животными в пищеварительных соках, или растительными ферментами в необработанных кормах (в том числе в суспензии

хлореллы). Микробиальное переваривание корма (ферментативное) осуществляется бактериями и простейшими микроорганизмами, которые имеют особое значение у жвачных животных.

У телят в возрасте 2—3 месяцев 40—50% питательных веществ корма переваривается в рубце, а остальная часть — в желудочно-кишечном тракте. Таким образом, пищеварение осуществляется механическим, микробиальным и химическим путем.

На телятах было проведено три научно-хозяйственных и два физиологических опыта. В исследованиях принимал участие доцент кафедры диагностики ордена Ленина Казанского ветеринарного института имени Н. Э. Баумана Х. Х. Хабибуллин. Для проведения физиологических опытов у шести телят были наложены фистулы рубца и изолированного участка сечуга. Операцию проводили физиолог, доктор биологических наук В. Ф. Лысов и хирург, доктор ветеринарных наук В. Г. Бушков. В пред- и послеоперационный периоды животные находились в клинике института, а при проведении опытов — в хозяйстве.

В наших опытах поедаемость кормов и поведение животных регистрировали ежедневно, клинические наблюдения проводили один раз в месяц по двум смежным дням.

Эффективность действия суспензии хлореллы и раствора солей изучали по динамике живого веса телят, изменению показателей рубцового и сечужного содержимого, биохимическому составу крови, фотооссометрической плотности хвостовых позвонков, переваривающей силе желудочного сока и др.

Первым опытом предполагалось установить влияние антибиотика на обмен веществ. Антибиотик — хлореллин мало известен в животноводстве, в то время как роль многих других антибиотиков изучена достаточно хорошо.

Известно, положительный эффект антибиотиков заключается в подавлении жизнедеятельности патогенной микрофлоры и создании этим условий для усиления обменных процессов, лучшего использования кормов. Поэтому эффект от их применения получают в опытах и при низком уровне кормления или при не соответствующем нормам санитарном состоянии ферм (Мак-Дональд и др., 1970; Евдокимов и Артемьев, 1967).

Подопытные телята лучше поедали растительные корма по сравнению с контрольными, их среднесуточные привесы были 350 г, у контрольных — 126 г. Можно предположить, что здесь оказал влияние антибиотик, который, подавляя патогенную микрофлору, способствовал активизации обменных процессов.

Известно, что у молочных телят первые два отдела желудка (рубец и сетка) бывают недоразвиты, и правильное переваривание растительных кормов возможно только тогда, когда эти отделы обильно заселены микроорганизмами. Заселение преджелудков микрофлорой происходит с помощью кормов. Не все корма в одинаковой степени богаты ею, поэтому бродильные функции преджелудков находятся в непосредственной зависимости от структуры рациона.

Способность телят опытной группы лучше использовать грубые корма была обусловлена усилением бродильных процессов. Следовательно, суспензия хлореллы способствовала активизации микроорганизмов и их заселению. В ней всегда присутствует какое-то количество туфелек, коловраток, реснитчатых, для которых водоросль является «лакомым блюдом».

Низкий уровень кормления телят не дал хорошей энергии роста. К шестимесячному возрасту телята опытной группы достигли живого веса 105 кг, а контрольной — 93 кг при норме 125 кг. Тем не менее разница в привесах продолжала сохраняться и после прекращения выпойки хлореллы. Возможно, что усиление бродильных процессов было обусловлено не только действием антибиотика и ферментов хлореллы, но и минеральными веществами, присутствующими в суспензии.

Для проверки этого предположения во втором опыте была поставлена еще одна группа телят, которая дополнительно к основному рациону получала раствор минеральных солей или питательную среду для выращивания водорослей.

В состав питательной среды, на которой выращивали хлореллу, входили биологически активные элементы: кобальт, медь, цинк, марганец. Роль их в обменных реакциях организма известна.

Марганец принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, тканевом дыхании, оссификации. Он оказывает влияние на рост, размножение,

кроветворение, функцию желез внутренней секреции, являясь активатором ряда ферментов.

Медь играет существенную роль в процессе кроветворения и необходима для процессов остеогенеза, воспроизведения, пигментации. Для таких ферментов, как диастаза, пепсин, уреаза, медь является ингибитором, однако для других ферментов — активатором.

Кобальт оказывает активное влияние на обмен углеводов, белков и отложение фосфора в костной ткани. Дефицит кобальта у жвачных проявляется особенно резко, поскольку прекращается микробиальный синтез витамина  $B_{12}$ .

Цинк по биологическим свойствам напоминает марганец. Он входит в состав сложных органических соединений, обладающих высокой биологической активностью.

Кроме указанных, в супензии и питательной среде содержатся и другие минеральные вещества, которые являются жизненно необходимыми и играют определенную роль в обмене веществ.

Наукой и практикой кормления сельскохозяйственных животных доказано, что положительное влияние минеральных веществ возможно только при определенных соотношениях элементов и оптимальной их дозировке. Соотношение элементов в среде, на которой хлорелла дает быстрый рост, является вполне нормальным не только для водоросли, но и для животного организма. В исследованиях было установлено, что телятам 2—3-месячного возраста можно вынашивать по 3—4 л супензии хлореллы, выращенной на минеральных средах.

Целью следующего опыта было установить роль ферментов хлореллы в обмене веществ у телят. Наличие ферментов определяли по результатам желудочного и рубцового пищеварения, поскольку механизм их действия направлен именно на эти процессы.

Основное значение ферментов — катализировать химические реакции. Ничтожное малого количества фермента бывает достаточно для того, чтобы ускорить химические реакции в организме животного.

Химические расщепления в рубце жвачных животных происходят под действием ферментов бактерий, простейших микроорганизмов или растительных клеток, поступивших в рубец с кормом.

В супензии хлореллы ферменты находятся в активном состоянии. С супензией они попадают в пищеварительный тракт и способствуют расщеплению составных частей корма. Из биохимических реакций ферменты высвобождаются в неизменной форме, и их действие может продолжаться сравнительно долго. В сушено хлорелле ферменты разрушаются, поэтому она не играет роли биологического стимулятора.

Наши исследования показали, что при добавлении к основному рациону солей микроэлементов улучшались физические свойства рубцового содержимого, но при добавлении к основному рациону супензии хлореллы было отмечено существенное улучшение этих свойств. Механизм действия хлореллы был направлен на увеличение бродильных процессов в рубце путем увеличения числа микроорганизмов, изменения их видового состава, активизации деятельности. Супензия оказалась более эффективной, чем раствор минеральных солей.

Бродильные процессы в рубце под действием кормов также изменились. Об этом можно было судить по концентрации летучих жирных кислот (ЛЖК). Общая концентрация ЛЖК в жидкости рубца в норме колеблется от 0,2 до 1,5 г на 100 мл. Как концентрация кислот, так и относительная доля их находятся в прямой зависимости от состава кормов в рационе. Основными конечными продуктами расщепления углеводов являются уксусная, пропионовая и масляная кислоты. На долю уксусной кислоты всегда приходится больший процент от суммы всех кислот. Пропионовая и масляная кислоты могут значительно варьировать. Увеличение доли пропионовой кислоты для телят является положительным признаком, поскольку она для жвачных является предшественником образования в организме глюкозы и способствует повышению привесов.

В наших опытах отмечено повышение живого веса телят в группе, которой скармливали хлореллу, на 8% по сравнению с контролем.

При изучении рубцового содержимого было выявлено снижение уровня аммиака. Аммиак в рубце образуется при дезаминировании аминокислот. Он может быть абсорбирован из рубца в кровь, перенесен в печень и превращен в мочевину. Некоторая часть мочевины возвращается в рубец со слюной, но большая часть выделяется с мочой, и, таким образом, дезаминирование

аминокислот в рубце способствует потере протеина. Эти потери могут быть значительно сокращены деятельностью микроорганизмов, которые способны синтезировать свой белок не только за счет аминокислот, но и аммиака, если при этом есть необходимые углеводы.

В наших опытах у всех телят был одинаковый рацион, однако в группе, которой скармливали хлореллу, потери азота оказались минимальными. Произошло это потому, что одновременно с дезаминированием аминокислот у подопытных телят происходило значительное расщепление целлюлозы и других устойчивых полисахаридов до простых углеводов, которые были использованы совместно с аммиаком для синтеза бактериального белка. В дальнейшем эти микроорганизмы переваривались и обеспечивали телят полноценным белком.

Большее отложение белка в организме телят было обусловлено именно этим процессом.

Следовательно, механизм действия суспензии хлореллы был направлен на увеличение бродильных процессов и микробиального синтеза в рубце.

Таким образом, соли минеральной среды и биологически активные вещества, заключенные в хлорелле, оказали положительное влияние на активизацию ферментов желудочного сока.

Высокий уровень минеральных веществ в рационах телят опытных групп оказал влияние на оссификацию. Об отложении минеральных веществ в костях судили по рентгенофотооссеметрической плотности хвостовых позвонков, которая оказалась более высокой в группе телят, которым скармливали хлореллу.

Проведенные опыты позволяют сделать вывод, что действие супензии хлореллы направлено на усиление бродильных процессов в рубце и переваривающей способности желудочного сока, улучшение белкового, витаминного и минерального обмена в организме животного. Результатом этих положительных процессов является высокая энергия роста при меньших затратах кормов на единицу продукции, укрепление костяка и общего состояния здоровья животных.

### **Применение хлореллы в лечебных и профилактических целях**

Хлорелла обладает бактерицидными свойствами благодаря содержанию в ней антибиотика, который был назван хлореллином. Этот антибиотик в концентрации 1:500 000 и 1:1 000 000 оказался эффективным против стрептококков, стафилококков, кишечной палочки и в меньшей степени против возбудителя туберкулеза (Hanter and Uiligh).

Большую работу по изучению действия хлореллина провела Левина (1961, 1964). Высокую бактерицидность хлореллы отмечают в своих работах Субботина и Титова (1961), Голлербах (1946). В их опытах водоросли оказались эффективными против кишечной палочки, бактерий дизентерии, возбудителей брюшного тифа, синегнойной палочки. Авторы определили, что активность хлореллина зависит от физиологического состояния водорослей: со второго и по 16-й день выращивания суспензии она возрастает, а затем ослабевает.

Бактерицидные свойства хлореллы используют в своей практике ветеринарные врачи. В Марийской АССР супензию хлореллы на фермах называют «зеленым лекарством». Ее применяют при желудочно-кишечных заболеваниях. Выращивает и доставляет хлореллу на фермы республиканская ветеринарная лаборатория. Многолетняя практика применения хлореллы дала положительные результаты: в ряде хозяйств теперь успешно выращивают хлореллу.

О применении хлореллы как лечебного препарата сообщают Иванова и Бурлаков (1971). Суспензию хлореллы используют при заболеваниях поросят ракитом, пневмонией. В опытах А. Нуриазарова (1973), например, суспензия хлореллы оказала влияние на увеличение количества гемоглобина и эритроцитов, на изменение лейкоцитарной формулы крови. Установлено увеличение количества эозинофилов и палочкоядерных нейтрофилов, что свидетельствует об усилении процессов кроветворения. В опытах У. Асрарова (1971) суспензия хлореллы предотвращала у телят заболевания авитаминозом.

В опытах Асанова (1969) хлорелла оказала положительное влияние на содержание белка и его фракций в сыворотке крови свиней.

В наших опытах за состоянием здоровья животных следили по показателям клинического осмотра животных и анализу крови. Полученные результаты свидетельствуют о том, что хлорелла является кормом диетическим и ее можно применять как профилактическое и лечебное средство при нарушениях обмена веществ, а также расстройствах органов пищеварения, вызванных патогенными микроорганизмами.

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХЛОРЕЛЛЫ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

Экономическая целесообразность использования различных добавок в рационах животных зависит от эффективности их применения. На стоимость хлореллы влияют затраты на строительство установок, приобретение солей, расход воды и электроэнергии, отчисления от капитальных вложений на строительство зданий, зарплата обслуживающего персонала и накладные расходы. По данным разных авторов, стоимость 1 л супензии составляет от 0,1 до 7,0 коп.

Более низкая стоимость выращивания хлореллы там, где используют энергию солнца, отходы углекислоты, а в качестве питательной среды — природные источники минеральной воды или отходы производств.

Стоимость 1 корм. ед. в хлорелле в 19 раз выше, чем в концентратах, или в 54 раза выше, чем в сенаже (табл. 21). В связи с высокой стоимостью хлореллы введение ее в рационы животных в большом количестве может значительно повысить стоимость животноводческой продукции.

Накопленный опыт показывает, что применение хлореллы в качестве добавки к рациону экономически выгодно.

Иногда низкий эффект от применения супензии хлореллы был обусловлен поиском оптимальных установок и условий технологии выращивания. В некоторых хозяйствах не удавалось получить удовлетворительной плотности супензии, поэтому урожай водоросли не окупал расходов на ее выращивание.

Стоимость сооружений для выращивания хлореллы зависит от размера производства, типа установок и вы-

Таблица 21

Стоимость 1 ц кормовых единиц в различных кормах

Корма	В 1 ц корма содержится корм. ед.	Стоимость 1 ц (руб.)	
		корм. ед.	корма
Сено многолетних трав	0,45	5,71	2,57
Силос кукурузный	0,16	5,30	0,85
Сенаж	0,33	2,70	0,87
Травяная мука	5,0	20,2	10,1
Концентраты	1,17	7,52	8,80
Сушеная хлорелла	0,79	145,3	170

бора строительных материалов. В настоящее время некоторые хозяйства производят от 5 до 100 т супензии в сутки.

В Краснодарском крае большинство хозяйств внедряет установки, разработанные краснодарским институтом «Крайколхозпроект» и ВНИИбиотехника производительностью 50 тонн. Основные технико-экономические показатели такой установки следующие.

Объем здания . . . . .	7050 м <sup>3</sup>
Площадь застройки . . . . .	1520 »
Стоимость строительства (по смете) . . . . .	246 тыс. руб.
В том числе строительно-монтажные работы . . . . .	187 » »
Себестоимость 1 м <sup>3</sup> супензии хлореллы . . . . .	3,56 руб.
Годовая производительность . . . . .	18 250 м <sup>3</sup>
Расход воды (в сутки) . . . . .	119 »
Расход тепла . . . . .	1 100 000 ккал/час
Установленная мощность приемников энергии . . . . .	825 кВт
Обслуживающий персонал . . . . .	15 чел.
Срок окупаемости капиталовложений . . . . .	6 мес.
Прибыль (после шести месяцев эксплуатации) . . . . .	436,57 тыс. руб.

В колхозе «Червоный маяк» Боровского района Харьковской области стоимость сооружения с оборудованием составила 50 тыс. руб. (почти в 5 раз ниже, чем в Краснодаре). Однако на этой установке можно произвести в сутки всего лишь 4—6 м<sup>3</sup> супензии, или в 10 раз меньше, чем на краснодарской.

Обслуживающий персонал цеха в колхозе «Червоный маяк» состоит из четырех человек: заведующего хозяйством, двух лаборантов и дежурного слесаря-электрика.

Таким образом, в расчете на одного человека в первом случае производится 3,3 т супензии в сутки, а во втором — 1,2 тонны. Увеличение производственной мощности краснодарской установки в 10 раз позволило сократить затраты труда в 2,7 раза.

Стоимость супензии хлореллы, производимой в закрытых помещениях, выше, чем в установках под открытым небом.

В условиях Узбекистана стоимость 1 т супензии в установках под открытым небом не превышала 1 руб.

По мере совершенствования технологии выращивания хлореллы стоимость ее может быть снижена. Например, хлорелла, выращенная на органических средах, стоит на 13—14% дешевле, чем на минеральных.

Кроме производственных мощностей и технологии выращивания, окупаемость затрат зависит от степени влияния хлореллы на продуктивность животных. Хлорелла в виде пасты или супензии по сравнению с сушкой способствовала получению больших привесов, удоев и яйценоскости. Экономическая эффективность при этом зависела от размеров затрат и выхода дополнительной продукции.

Опыт многих хозяйств, применяющих хлореллу в качестве дополнительного корма, показывает, что выход продукции увеличивается на 10—40%, а затраты снижаются на 4—22%. Это позволяет получать хозяйствам прибыль. Например, на Волгоградской областной сельскохозяйственной станции прибыль, полученная от применения хлореллы, в 4 раза перекрывала все произведенные на нее затраты, а в Узбекистане, по расчетам Института экономики АН УзССР, применение хлореллы при откорме крупного рогатого скота дало 250 млн. руб. годовой чистой прибыли. В колхозах имени Ленина и «Червонный маяк» Ворошиловградской области на каждый рубль затрат на производство и скармливание хлореллы получено чистой прибыли 5 руб. 40 коп., в Таджикистане около 2 руб. Определено, что все затраты, произведенные на выращивание и использование хлореллы, окупаются за 4—12 месяцев. Например, затраты на выращивание хлореллы в колхозе имени XXII съезда КПСС Бахчисарайского района Крымской области были окуплены в течение года. Прибыль от получения дополнительной продукции составила 1,5—3,0 тыс. руб.

Таким образом, применение хлореллы в качестве подкормки оказывается экономически выгодным, поскольку затраты на ее производство в 4—5 раз ниже, чем стоимость полученной дополнительной продукции.

Другие результаты получены при производстве сушки хлореллы. По расчетам Гительзона и др. (1966), при продуктивности водорослей 12 г сухого вещества с 1 м<sup>2</sup> в сутки для производства 1 т сушкой хлореллы нужно израсходовать 1300—1750 кг минеральных солей, 3750—8000 м<sup>3</sup> углекислого газа и 38 500 кВт/час электроэнергии. Затраты на производство получаются довольно высокими. К ним следует еще добавить затраты на отделение водоросли от раствора и ее сушку. В предыдущих разделах было показано, что продуктивное действие сушечной хлореллы иногда ниже, чем пасты или супензии. Поэтому хлореллу целесообразно использовать в рационах не как корм, а как биологический стимулятор в виде пасты или супензии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хлорелла богата витаминами, ферментами, аминокислотами и минеральными веществами. В ней содержится антибиотик хлореллии. Если сравнить питательность хлореллы с другими кормами (см. приложение) по содержанию переваримого протеина и каротина, равных ей кормов нет. Кальция в хлорелле примерно столько же, сколько в сенаже или сене злаковых, а фосфора значительно больше.

Хлорелла нужна животным не только как корм, но и как биологический стимулятор. Доказано, что механизм действия супензии хлореллы направлен на усиление белкового и минерального обмена, это укрепляет здоровье животных, повышает их продуктивность, снижает затраты кормов на единицу продукции.

Укрепление здоровья животных, повышение резистентности организма является необходимым условием для производства продуктов животноводства высокого качества в условиях интенсивного ведения животноводства. Скармливание хлореллы животным по нормам, приведенным в приложении, способствует увеличению молочной продуктивности до 20%, мясной до 40%, яйценоскости кур до 30%, вместе с тем затраты кормов снижаются на 22%.

Особого внимания заслуживает применение хлореллы против отравления бычков гессиолом, когда сравнительно небольшие дозы водоросли не только предотвращали заболевание, но и значительно увеличивали привес животных.

В связи с высокой биологической полноценностью хлорелла оказывает положительное влияние на качество продукции. Особенно заметно это проявляется в птицеводстве: в яйцах повышается содержание витаминов, улучшаются их инкубационные качества.

Вместе с тем у хлореллы ряд недостатков: плотная оболочка, высокая гигроскопичность, эта водоросль термической сушки плохо переваривается (чем выше температура сушки, тем ниже переваримость). Поэтому лучше использовать хлореллу в виде пасты или супензии.

Пасту хлореллы можно консервировать с помощью соляной кислоты и поваренной соли. Консервированная паста хорошо сохраняется и усваивается животными. Протеин ее по сравнению с протеином сушеною хлореллы переваривается в 2—2,5 раза лучше.

Относительная легкость, с какой могут быть созданы наиболее благоприятные условия выращивания (utiлизация света, обогащение углекислотой, приготовление питательных сред), ставит низшие водоросли в преимущественное положение по сравнению с высшими растениями. Примитивная одноклеточная структура водоросли имеет и другое преимущество. У высших растений, обычно выращиваемых на корм, только часть органов способна к фотосинтезу и производит органический материал, значительная доля которого расходуется на построение малоценных опорных структур растения. У водорослей каждая клетка способна к фотосинтезу. Органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза, накапливаются внутри клетки и состоят главным образом из протеина, углеводов и жира, целлюлоза содержится лишь в оболочке.

Водоросли не имеют опорных органов и не расходуют синтезируемое вещество на их построение, оно полностью используется животными. Все это наводит на мысль о том, что большое разнообразие форм и функций растительного мира для синтеза тех основных веществ, которые необходимы животным, используется

слабо. Следует перестать по многовековой инерции рассматривать высшие растения практически единственными поставщиками кормов.

Результаты выращивания хлореллы, анализ составных частей ее, скармливание животным, опыты по переваримости и механизму действия на животный организм показали ее кормовую полноценность и выгодность.

Широкое внедрение водорослевых культур не потребует сокращения земельных площадей, занимаемых сельскохозяйственными культурами. Наоборот, оно дает возможность хорошо использовать земли, непригодные под эти культуры.

Установки по массовому производству водорослей будет экономически выгодно размещать в комплексе с крупными промышленными предприятиями, имеющими отходы тепла, углекислого газа и сточных вод, богатых органическими веществами.

Разработка более совершенной техники для выращивания водорослей позволит получать ценные органические вещества в достаточном количестве на заводах.

Однако это не единственный путь. Уже сейчас хлорелла внедрена в производство и выращивается непосредственно на фермах. Внедрению способствовали разработки ученых, проведенные по различным вопросам выращивания и использования хлореллы. Изучены фотосинтез, питательные среды, потребность водоросли в свете и углекислоте, разработаны проекты установок, изучено влияние водоросли на продуктивность и качество продукции, определены оптимальные нормы ее скармливания.

Сейчас актуален вопрос разработки более простых и приемлемых методов культивирования хлореллы. Установка на 50 т супензии хлореллы в сутки слишком дорога, требует значительных затрат труда, при этом товарный выход супензии составляет лишь 0,25 г хлореллы в 1 л. Такая концентрация не может дать высоких результатов.

Не всегда целесообразно ускорять цикл выращивания хлореллы. Часто снимать урожай водоросли можно лишь в случаях, когда хлореллу используют с целью обогащения рационов и усиления обмена веществ животных.

При выращивании хлореллы для лечебных целей снимать урожай можно на 7—8-е сутки, когда концентрация антибиотика будет более высокой.

Хлорелла — новый вид корма, поэтому вопросов неразрешенных или малоизученных довольно много. Однако несмотря на это, необходимость внедрения хлореллы в производство очевидна.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1  
Питательность хлореллы по сравнению с некоторыми кормами  
(в условиях Татарской АССР)

Корма	В 1 кг корма содержится				
	корм. ед.	переваримого протеина (г)	кальция (г)	фосфора (г)	каротина (мг)
<b>Травы:</b>					
люцерновая	0,20	38	2,9	0,8	48
клеверная	0,22	33	4,3	0,9	42
вико-овсяная	0,21	26	10,1	0,8	36
луговая	0,18	25	1,6	0,6	41
<b>Сено:</b>					
люцерновое	0,43	83	15,4	1,6	16
клеверное	0,51	69	10,7	2,0	13
вико-овсяное	0,45	55	7,4	1,8	6
луговое	0,45	50	6,3	1,8	12
<b>Сенаж:</b>					
люцерновый	0,35	60	9,6	1,2	20
клеверный	0,31	34	8,4	0,9	13
вико-овсяный	0,31	43	4,8	1,2	19
разнотравийный	0,37	49	7,3	1,4	7
<b>Силос из проявленных трав:</b>					
люцерновый	0,27	39	6,8	0,8	24
клеверный	0,24	30	5,3	0,8	19
вико-овсяный	0,23	33	4,0	0,6	17
гороховый	0,28	34	3,9	0,6	34
<b>Силос:</b>					
кукурузный	0,14	11	1,5	0,5	14
подсолнечниковый	0,12	14	3,9	0,4	3
горохово-овсяный	0,20	21	2,3	0,5	28
гороховый	0,23	25	3,1	0,7	20
вико-овсяный	0,17	19	2,9	0,4	13
<b>Хлорелла:</b>					
лиофильной сушки	0,72	283	7,4	1,5	200
термической сушки	0,79	181	6,5	1,3	186
консервированная					
химическим способом	0,29	116	2,2	0,4	131

Таблица 2  
Нормы скармливания хлореллы животным  
(на голову в сутки)

Вид животных	Хлорелла		
	суспензия (л)	паста (кг)	сушечная (кг)
<b>Крупный рогатый скот:</b>			
быки	10—12	1—2	1—2
коровы	8—10	1—1,5	1—1,5
откормочное поголовье	4—5	0,8—1	0,1—0,2
ремонтный молодняк	2—4	0,2—0,5	0,08—0,2
телята молочного периода выращивания	0,5—2	0,1—0,2	0,05—0,1
<b>Свиньи:</b>			
матки	2—3	0,5—0,6	0,2—0,3
хряки	2—3	0,6—0,9	0,2—0,3
подсвинки	2—3	0,2—0,4	0,1—0,2
ремонтный молодняк	1—2	0,1—0,2	0,1—0,2
подсосные поросята	0,5—1	0,04—0,05	—
<b>Овцы:</b>			
матки и бараны	1,5—2	0,1—0,3	0,05—0,1
ягнята	0,3—1	0,05—0,1	0,01—0,02
<b>Кролики</b>	0,08—0,1	0,01—0,02	0,01—0,02
<b>Куры</b>	0,02—0,03	0,01—0,02	0,001—0,01
<b>Цыплята</b>	0,01—0,02	0,003—0,01	0,001—0,005

## УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Абакумова И. А. Использование биомассы одноклеточных водорослей в рационе цыплят. — В кн.: «Сборник работ молодых ученых». Материалы Всесоюзной конференции аспирантов. М., 1966, вып. 8, с. 85—92.
- Авилов И. А. Использование различных источников углерода водорослями рода *Chlorella* в темноте. — «Вестник ЛГУ» (серия биол.), 1963, № 15, вып. 3, с. 62—68.
- Амарьянц А. Г. Влияние различных добавок суспензии хлореллы на питательность хлопковых рационов каракульских овец. — В кн.: «Материалы пятой объединенной конференции молодых ученых по сельскому хозяйству Узбекистана». Ташкент, 1970, с. 101—106.
- Асанов Р. А. Влияние суспензии хлореллы на рост свиней. — В кн.: «Культтивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1971.
- Бакай С. М., Шелест В. П., Волох В. Н. Использование хлореллы в рационе свиней. — «Свиноводство». Респ. межвед. тематич. научн. сб., 1966, вып. 2, с. 63—67.
- Беренштейн А. Ф., Асаул З. Н., Гордиенко М. Ф. Хлорелла — белково-витаминный корм. — «Кролиководство и звереводство», 1964, № 9, с. 7.
- Беренштейн А. Ф., Асаул З. Н. Выращивание хлореллы на отходах спиртзаводов. — «Ферментная и спиртовая промышленность», 1964, № 4, с. 35—36.
- Васигов Т. Массовое культивирование микроводорослей на выделениях каракульских овец. — В сб.: «Культтивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1971.
- Васигов Т. Опыт массового культивирования одноклеточных водорослей с использованием вод артезианских скважин и колодцев юго-западного Кызылкума. — В сб.: «Культтивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1971.
- Верзилии Н. Н. Культивирование одноклеточных водорослей. — «Вестник АН СССР», 1961, № 6, с. 97—99.
- Винберг Г. Г. Культивирование зеленых водорослей на сточной жидкости. — «Микробиология», 1964, т. 33, вып. 3, с. 508—515.
- Владимирова М. Г., Кузнецов Е. Д. Динамика изменений содержания азота и фосфора в среде в различных условиях интенсивного выращивания хлореллы. — «Физиология растений», 1964, т. 2, вып. 5, с. 827—837.
- Годиев Г. Н., Ляхнович Я. П., Орловская К. И. Действие кратковременного интенсивного нагревания хлореллы на последующий рост и накопление пигментов. — В сб.: «Физиолог-

ические особенности культивируемых растений». Минск, 1964, с. 14—19.

Годиев Г. Н., Ляхнович Я. П., Орловская К. И. Световая адаптация хлореллы к повышенной интенсивности света при постоянном увеличении светового потока. — В сб.: «Физиологические особенности культивируемых растений». Минск, 1964, с. 3—10.

Гомова Н. Г., Евстигнеева З. Г., Кретович В. Н. Ассимиляция интратного и аммонийного азота у *Chlorella rugenoidosa* Pringsheim. — «Физиология растений», 1964, № 6, т. 82, с. 988—997.

Гончаренко А., Федорко Н., Шаталин Б. Хлореллу в рационы свиней. — «Свиноводство», 1972, № 10, с. 17—18.

Горюнова С. В., Овсянникова М. Н. О методах выделения из природы активных штаммов хлореллы. — «Микробиология», 1962, т. 31, вып. 3, с. 520—525.

Громов Б. В. Микрофлора массовой культуры одноклеточных водорослей. «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 31.

Грыцык Б. Опыт замещения концернаторов в кормлении молодых коров загущенной суспензией хлореллы. — В сб.: «Материалы 4-го координац. собрания и научного симпозиума по теме VI—5.5 СЭВ», Краков, 1966.

Далецкая М. А., Чулановская М. З. Влияние температуры на рост и фотосинтез хлореллы. — «Ботанический журнал», 1964, т. 49, № 8, с. 1147—1159.

Дохиенко Ю., Чубаров Г. Цех по производству суспензии хлореллы. — «Свиноводство», 1973, № 5, с. 17—18.

Еськина Л. Цех по выращиванию хлореллы. Саратовский ЦНТИ, 1973, № 1104.

Заварзина Н. Б. Исследование причин лизиса лабораторных культур *Chlorella rugenoidosa*. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию водорослей». Л., 1961, с. 30.

Клячко-Гурвич Г. Л., Семененко В. Е. Некоторые физиологические аспекты направленного получения ценных метаболитов и веществ в условиях интенсивной культуры водорослей. — В сб.: «Изучение интенсивной культуры водорослей». Прага, 1965, с. 15—27.

Колешко О. И., Ляхнович Я. П. Микробиология культивирования хлореллы на дрожжевой бражке. — В кн.: «Физиологические и биохимические исследования растений». Минск, 1967, с. 16—21.

Костланд Н. В., Ляшенко В. Н. Некоторые вопросы выращивания хлореллы на отходах дрожжевых заводов. — «Украинский ботанический журнал», 1968, т. 25, № 3, с. 22—26.

Кузнецов Е. Д., Владимира М. Г. Изменение минерального состава питательной среды при культивировании хлореллы. — «Физиология растений», 1965, т. 12, вып. 1, с. 33—34.

Левина Р. И. Антибактериальные свойства протококковых водорослей в отношении кишечной микрофлоры. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию микроводорослей». Л., 1961, с. 22—23.

Левина Р. И. Взаимоотношение различных видов протококковых водорослей и их бактерицидное действие при совместном выращивании. — «Микробиология», 1964, 33, № 1, с. 100—147.

Левина Р. И. Антагонизм между планктонными водорослями и микрофлорой в биологических прудах. — В сб.: «Очистка сточных вод в биологических прудах». Минск, 1961, с. 136—147.

Левина Р. И. Антагонизм между протококковыми водорослями и колитофозной группой микроорганизмов. — «Микробиология», 1964, т. 33, вып. 5, с. 887.

Ляхиович Я. П. Рост и накопление пигментов у хлореллы на среде Тамия с добавлением отходов крахмального производства (картофельный сок). — Вторая биохимическая конференция прибалтийских республик и БССР, 1965, с. 159.

Максимова И. В., Ласточкина К. Д. Выделение органических веществ при росте зеленых водорослей на минеральных средах. — «Микробиология», 1965, т. 34, № 3, с. 483—490.

Максимова И. В., Пименова М. И. Возможность использования антибиотиков для предохранения растущих культур водорослей от заражения. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 34.

Маслов Ю. И. Выращивание хлореллы из различных источниках азота. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 60.

Махмадбеков С., Хайтова Л. Т. Продуктивность хлореллы и перспективы ее использования в хозяйственных целях. — «Физиология растений — сельскому хозяйству». Душанбе, 1964, № 5, с. 55.

Милоградова Е. И. Исследование среднеазиатского штамма *Chlorella rugopoidosa* на синтез витамина B<sub>12</sub>. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 68.

Минеева Л. А. Влияние интенсивности света и pH на автотрофное и гетеротрофное питание хлореллы. — «Микробиология», 1962, т. 31, вып. 3, с. 411—416.

Музрафов А. М., Милоградова Е. И. Массовое культивирование хлореллы в Узбекистане и ее использование в народном хозяйстве. — В сб.: «Изучение интенсивной культуры водорослей». Прага, 1965, с. 106—115.

Музрафов А. М., Таубаев Т. Г., Нескубо П. М. и др. Сухая хлорелла как стимулятор роста и развития сельскохозяйственных животных. — «Доклады АН Уз. ССР», 1967, № 7, с. 45—47.

Музрафов А. М., Таубаев Т. Г., Гранитова А. М. и др. Хлорелла — ценный витаминный корм для домашней птицы. — «Узб. биол. журнал», 1969, № 2, с. 34—36.

Музрафов А. М., Таубаев Т. Т., Якубов Х. Ф. Массовое культивирование протококковых водорослей в установках под открытым небом. — В сб.: «Культивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1972.

Музрафов А. М., Таубаев Т. Т. — В кн.: «Хлорелла». Ташкент, 1974.

Нескубо П. М. Откорм крупного рогатого скота хлопчатниково-микрофлорой кормами с применением зеленои водоросли хлореллы. — «Животноводство», 1970, № 1, с. 37.

Нескубо П. М., Гончаренко А. И. Промышленная установка для выращивания микроводорослей. — «Животноводство», 1972, № 2, с. 36—38.

Нескубо П. М., Галлябеков З., Талипов К. Применение насты хлореллы в качестве витаминной добавки в рационе кур яйценоских пород. — В сб.: «Культивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1972, с. 60—63.

Ничипорович А. А. О производственной культуре одноклеточных водорослей. М., изд. «Знание», 1961.

Обрезанов И., Фролова А., Леднева С. Хлорелла в рационах поросят. — «Свиноводство», 1973, № 8, с. 17.

Остапеня П. В. Очистка сточных вод в биологических прудах. Минск, изд. АН БССР, 1961.

Паламар-Мордвинцева Г. М., Костланд Н. В. О явлениях, сопровождающих выращивание хлореллы на среде, содержащей мочевину. — «Украинский ботанический журнал», 1964, т. 21, № 3, с. 36—42.

Пиневич В. В. Хлорелла и хозяйственное использование одноклеточных водорослей. — «Земледелие», 1961, № 5, с. 32.

Пиневич В. В., Верзилин Н. Н. Культура одноклеточных водорослей для производственных целей. — В сб.: «Кормовые белки и биостимуляторы для животноводства». М. — Л., изд. АН СССР, 1961, с. 96—102.

Пиневич В. В., Верзилин Н. Н., Степанов С. И. Типовая установка для массового культивирования одноклеточных водорослей. — «Физиология растений», 1964, т. 11, вып. 6, с. 1084—1089.

Пиневич В. В., Верзилин Н. Н., Маслов Ю. И. Влияние различных источников азота на рост и накопление массы *Chlorella rugopoidosa*. — «Вестник ЛГУ» (серия биологии), 1961, № 9, с. 16—25.

Понировский Н. Г., Нуризаров А. Влияние суспензии хлореллы на молокоотдачу и привес крупного рогатого скота. — В сб.: «Культивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1972, с. 65—67.

Рахимов А. Р., Якубов Х. Ф. О некоторых биохимических свойствах штаммов хлореллы и сценедесмуса, выращенных в различных условиях питания. — В сб.: «Культивирование водорослей и высших водных растений в Узбекистане». Ташкент, 1971.

Рерберг М. С., Воробьев Т. И. Сравнительный рост протококковых водорослей на минеральных средах и органической среде «Б». — В сб.: «Управляемое культивирование микроводорослей». М., 1964.

Русина О. Н. Некоторые вопросы массового культивирования протококковых водорослей. — В сб.: «Первичная продукция морей и внутренних водоемов». Минск, 1961.

Русина О. Н. Массовое культивирование хлореллы при различных способах перемешивания. — «Тезисы докл. Всес. совещания по культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961.

Сальникова М. Я. Кормовые достоинства хлореллы. — «Свиноводство», 1965, № 6, с. 28—29.

Сальникова М. Я. Химическое консервирование хлореллы. — Тр. Учен. записки КГВИ, 1967, т. 98, с. 342—345.

Сальникова М. Я. Переваримость хлореллы кроликами. — Тр. Учен. записки КГВИ, 1967, т. 98, с. 340—341.

Сальникова М. Я. Влияние хлореллы на яйценоскость кур-несушек и качество куриных яиц. — Тр. Учен. записки КГВИ, 1967, т. 99, с. 224—229.

- Сальникова М. Я., Хабибуллин Х. Х. Суспензия хлореллы в рационах телят-молочников. — «Животноводство», 1972, № 10.
- Селяметов Р., Цуцц В. Фабрика мяса под открытым небом. — «Экономика и жизнь», 1972, № 11, с. 78—79.
- Сивко Т. Н., Соколова Т. А. Массовое развитие планктонных водорослей при самоочищении сточных вод в биологических прудах. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 21.
- Спекторов К. С., Заварзина Н. В., Линькова Е. А. О методе массовой культуры Chlorella pyrenoidosa с применением антибиотиков. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 33.
- Субботина Л. С., Титова Л. В. Значение водной флоры в бактериальном самоочищении водоемов. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 24—25.
- Ткачев И. Ф. Хлорелла — источник белка и витаминов (к использованию в животноводстве). — «Сельскохозяйственное производство Кавказа и ЦЧО», 1965, № 4, с. 42.
- Томмэ М. Ф., Алексеев В. А. Использование суспензии хлореллы при кормлении цыплят и поросят. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1970, № 4, с. 39—41.
- Томмэ М. Ф., Алексеев В. А. О возможности использования хлореллы в животноводстве. — «Труды Чувашского с.-х. ин-та», 1971, вып. 8, № 2, с. 92—96.
- Трофимов А. Механизированный комплекс по выращиванию хлореллы. Астраханский ЦНТИ, инф. лист № 231—71.
- Ульянов Н. А. Хлореллу — в рационы скота и птицы. Саратов, ЦНТИ, инф. лист № 10—73.
- Хабибуллин Х. Х., Сальникова М. Я. Влияние суспензии хлореллы на некоторые показатели крови телят. — В сб.: «Материалы докладов научной конференции, посвященной 95-летию КГВИ имени Н. Э. Баумана». Казань, 1969, т. 2, с. 268—270.
- Хабибуллин Х. Х., Сальникова М. Я. Влияние суспензии хлореллы на микрофлору рубца. — В сб. «Материалы докладов научной конференции, посвященной 95-летию КГВИ имени Н. Э. Баумана». Казань, 1969, т. 2, с. 270—271.
- Ханзаковский П. Установка для промышленного производства водорослей. — В сб.: «Изучение интенсивной культуры водорослей». Прага, 1965, с. 86—87.
- Чесноков В. А. Некоторые физиологические аспекты повышения продуктивности одноклеточных водорослей. — «Тезисы докл. Всес. совещания по массовому культивированию одноклеточных водорослей». Л., 1961, с. 8—9.
- Шахназарян Р. Отбивная из водорослей (о выращивании хлореллы на корм сельскохозяйственным животным). — «Изобретатель и рационализатор», 1964, № 5, с. 6—7.
- Яаска В. Зависимость продуктивности и химического состава некоторых штаммов зеленых водорослей от азотистого питания. — «Известия АН Эстонской ССР», 1965, т. 14, № 1, с. 49—56.
- Balasubramanya R. H., Rangaswami G. Studies of algae as poultry feed. «Madras Agr. J.», 1972, 59, № 7, 379—390.
- Burlew J. S. Algae culture from laboratory to pilot plant. Carnegie Institut of Washington, publ. 600, 1953, № 4.
- Davis E. A. at coll. Laboratory experiments on Chlorella culture at the Carnegie institution of Washington Department of plant biology. Carnegie Inst. of Washington, 1953, publ. 600, p. 105—153.
- Enebø L. and Johnson E. Outdoor cultivation of Chlorella during the summer 1954. Särtryck ur Iva 27, 1956, № 4, p. 165—172.
- Fink M. X. Über die biologische siwess qualität von einzelligen Algen. Naturwiss, 1955, v. 42, p. 616.
- Fisher A. W. and Burlew J. S. Nutritional value of microscopic algae. Carnegie Inst. of Washington, publ. 600, 1953, p. 303—310.
- Geoghegan M. J. Unicellular algae as a source of food. «World crops», 1954, v. 6, № 10, p. 413—416.
- Hayami H. and Chino K. Studies on the utilization of Chlorella as food (part 5). An experiment on the effect of different drying method of Chlorella on the artificial digestion of the protein of the various kinds of Chlorella. Ann. Rpt. Natl. Inst. Nutrition. Tokio, 1959, p. 22.
- Hayami H., Chino K. and Sassa T. Studies on the utilization of Chlorella as food (part 6). A study on the decolorization of Chlorella by osmotic shock. Ann. Rpt. Natl. Inst. Nutrition. Tokio, 1959, p. 23—24.
- Hintz H., Heitman H. Nutritiv value of algae for swine. California Agr., 1965, v. 19, N 2, p. 4—5.
- Kanazawa T. C., Tujita, Vyuhara T. and Sassa T. Mass culture of unicellular algae using the «Open circulation method». J. gen Appl. Microbiol., 1958, v. 4, № 3, p. 135—152.
- Krauss R. W. Mass kulture algae for food and other organic compounds. Amer. J. Botany, 1962, v. 49, № 4, p. 425—435.
- Little A. D. Pilot — plants studies in the production of Chlorella of Carnegie Inst. of Washington, publ. 600, 1953, p. 235—272.
- Mayer A. M., at coll. Problems of design and ecological considerations in mass culture of algae. Biotechnol and Bioen., 1964, v. 6, № 2, pp. 1973—190.
- Milner H. V. Possibilities in photosynthetic method for production of oils and proteins. Tous. Ames. Oil Chemists Soc, 1951, № 28, p. 363—367.
- Minami K. Industrialization of edible Chlorella in Japan. Reports from the Japan Micro algae research Institute. Tokio, 1959.
- Moyse A. Etude dela croissance d'algues monocellulaires (Chlorelles et espèces voisines) en cultures accélérées. III Report sur les essais de cultures de Chlorelle a ciel ouvert, J. Rech C. N. P. S., № 36, 1956, p. 261—269.
- Myers J. and Clary L. V. Culture conditions and the development of Photosynthetic Mechanism IV. An apparatus for the Continuous Culture of Chlorella. J. gen. Physiol., 1944, № 28, p. 103—113.

Myers J., Phillips J. N. and Graham J. R. On the mass culture of algae. Plant Physiol., 1951, № 26, p. 539—548.

Myers J. and Graham J. On the mass culture of algae. III Light diffusers; high vslow temperature Chlorellas. Plant Physiol., 1961, v. 36, № 3, p. 342—346.

Nakamura H. A chemical method for collecting microalgae. Micro algae reserch institute, Tokio, 1959, v. 1, № 1, p. 25—32.

Nakamura H. Report on the present situation of the Microalgae Recerch Institute of Japan. Reports from the Microalgae Recerch institute of Japan, 1961, v. 2, № 1, p. 1—12.

Nakamura H. Chlorella food for animal husbandry. Published by international Chlorella union. Tokio, Japan, 1964.

Pratt R. Studies on Chlorella vulgaris. IX — Amer. Journ. Bot., 1944, v. 31, № 7.

Piappa S. Mass culture of Chlorella in Taiwan. Tenth Pacific science congress, 1961, v. 2, p. 1—16.

Rodriguez-Lopez M. Influence of the inoculum and the medium on the growth of Chlorella pyrenoidosa. Nature, 1964, v. 203, № 4945, p. 666—667.

Scutt J. E. Autoinhibitor production by Chlorella vulgaris. Amer. J. Bot., 1964, v. 51, № 6, part 1, p. 581—584.

Shihira-Ishikawa at all. Nutritional control of cell pigmentation in Chlorella protothecoides with speciel reference to the degeneration of chloroplast induced by glucose. Plant and cell Phisiol., 1964, v. 5, № 2, p. 227—240.

Spoehr H. A., Milner H. W. Production of protein, lipides and carbohydrates by culture of algae. (Carnegie Institute of Washington). 1956, Pat. USA, 2. 732. 661, 47.

Starr R. C. The culture collection of Algae of Indiana University. Amer. J. Bot., 1964, 51(9): 1013—1044.

Tamiva H. Role of algae as food. Reports from Japan Microalgae, Recerch Institute, 1959, v. 1, № 2, p. 9—23.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Выращивание хлореллы . . . . .	7
Посевной материал . . . . .	7
Световой фактор . . . . .	12
Температурный режим . . . . .	16
Питательные среды . . . . .	18
Сиабжение супензии углекислым газом . . . . .	29
Меры борьбы с заражением супензии . . . . .	32
Установки . . . . .	36
Прирост биомассы, ее использование и учет урожайности . . . . .	45
Консервирование . . . . .	50
Химический состав и питательность . . . . .	51
Использование хлореллы . . . . .	58
Переваримость и использование питательных веществ хлореллы . . . . .	58
Влияние хлореллы на продуктивность . . . . .	65
Влияние хлореллы на качество продукции . . . . .	70
Механизм действия хлореллы как биологического стимулятора . . . . .	73
Применение хлореллы в лечебных и профилактических целях . . . . .	79
Экономическая целесообразность использования хлореллы в кормлении животных . . . . .	80
Заключение . . . . .	83
Указатель литературы . . . . .	88