

ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ  
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ БОТАНИКИ ИМ. Н.Г.ХОЛОДНОГО

На правах рукописи

ВАЛИХАНОВ Булат Габитович

УДК 582.28

МИКОБИОТА ОЗЕРА БАЛХАШ

03.00.24 - микология

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Киев - 1988

Работа выполнена в лаборатории систематики и экологии низших растений Института ботаники АН КазССР.

Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор И. А. Дудка

Официальные оппоненты – доктор биологических наук Э. З. Коваль

кандидат биологических наук Н. А. Гавришова

Ведущее учреждение – Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова ( биологический факультет, кафедра микологии и альгологии )

Защита состоит в 10 час. – Д 016.52.01. по за доктор биологичес им. Н. Г. Холодного

С диссертации ботаники им. Н. Г. 28 ).

Ученый секр специализированн кандидат биологи

Актуальность темы. В водных экосистемах грибы являются важным компонентом гетеротрофного блока. Наряду с бактериями они разлагают органическое вещество растительного и животного происхождения, участвуя таким образом в процессах круговорота веществ и самоочищении водоемов. Их мицелий потребляется в пищу беспозвоночными, следовательно, грибы входят в состав первого звена трофической цепи водоемов. Кроме того, грибы-паразиты способны поражать отдельных гидробионтов, вызывая массовую гибель некоторых из них.

Существенная роль грибов в структурной и функциональной организации водных экосистем обуславливает необходимость их изучения в различных регионах в разных типах водоемов, в первую очередь в водоемах, имеющих народнохозяйственное значение.

Исследования водных грибов в Казахстане до настоящего времени практически не проводились, несмотря на то, что этот регион обладает значительными водными ресурсами, включая ряд озер, среди которых наиболее важную роль в экономике республики играет озеро Балхаш. Это озеро занимает первое место по вылову рыбы в Казахстане и является основным источником водоснабжения промышленного региона. Кроме того – это уникальное озеро, расположенное в аридной зоне республики: одна половина его пресная, другая – солоноватоводная. В связи с этими особенностями озера Балхаш, а также принимая во внимание усиливающееся в последние годы его обмеление и повышение солености воды, было предпринято изучение микобиоты этого водоема.

Цель и задачи исследования. Учитывая важное народнохозяйственное значение озера и отсутствие данных по водным грибам в составе его биоценозов, была поставлена цель охарактеризовать сапротрофную микобиоту исследуемого водоема как важный компонент гетеротрофного блока экосистемы озера. В связи с этим в задачи настоящего исследования входило:

1. Установить видовой состав грибов, населяющих водную толщу, донные отложения и различные органические субстраты в литоральной и пелагиальной зонах озера.
2. Выяснить закономерности распределения грибов по различным биотомам и субстратам.
3. Оценить плотность популяции дрожжевых грибов в воде и грунтах озера, распределение их по акватории и в сезонном аспекте.
4. Провести сравнительный анализ качественного состава микобиоты пресноводной и солоноватоводной частей озера.
5. Оценить способность микробов облигатно водных грибов к

№ 1207  
Библиотека

разложению целлюлозы и изучить у них активность некоторых внеклеточных ферментов, участвующих в разложении лигноцеллюлозного комплекса.

Научная новизна. Впервые изучен видовой состав всей совокупности сапротрофных грибов солоноватоводного озера Балхаш. Обнаружено 95 видов с 5 разновидностями, из них 3 вида являются новыми для СССР, 27 – для Средней Азии, 37 – для Казахстана. Дана, отсутствовавшая ранее, характеристика микобиоты основных биотопов и субстратов. Изучено изменение состава грибов в зависимости от минерализации воды.

Впервые изучена монофенол-монооксигеназная активность оомицетов, показана специфичность этого фермента.

Разработана новая методика выделения чистых культур оомицетов в полевых условиях.

Практическое значение. Полученные данные будут использованы при составлении определителя водных грибов Казахстана. Материалы исследования переданы на кафедру ботаники Казахского Государственного Университета им. С.М.Кирова и будут использованы при чтении спецкурса по микологии. В Центральном Музее промышленных микроорганизмов задепонирован штамм водных дрожжей *Cryptococcus laurentii* var. *laurentii* № 504. По предварительным экспериментам, проведенным в Капчагайском НВХ и Астраханском прудовом комбинате, этот штамм перспективен к использованию в качестве стартового корма для личинок ценных промысловых рыб. Кроме того, полученные данные найдут применение при прогнозировании характера изменения состава микобиоты озера в условиях дальнейшего возрастания минерализации воды.

Апробация. Материалы исследований докладывались на конференциях молодых ученых Института ботаники АН КазССР (1981-1985 гг.), Всесоюзном совещании "Экологические аспекты водной микробиологии" (г. Иркутск, 1981), Всесоюзном совещании "Природные ресурсы больших озер СССР" (г. Ленинград, 1982), УП Конференции по споровым растениям Средней Азии и Казахстана (г. Алма-Ата, 1984), III Всесоюзной конференции "Изучение грибов в биогеоценозах" (г. Ташкент, 1985), на XII Международном фестивале молодежи и студентов (г. Москва, 1985), на расширенном производственном совещании лабораторий систематики и географии растений, экологии и охраны растительности и экспериментальной гидробиологии Института ботаники АН КазССР (г. Алма-Ата, 1987), на заседании отдела микологии Института ботаники им. Н.Г.Холодного АН УССР (Киев, 1988).

Публикации. По материалам диссертации подготовлено 8 публикаций, 5 из них вышли из печати.

Содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, выводов и списка цитированной литературы. Работа изложена на 237 страницах машинописного текста, иллюстрирована 38 рисунками и 40 таблицами. Список литературы состоит из 307 названий, 206 из них на иностранных языках.

#### Глава I. ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЛЕННОСТИ

В воде и донных отложениях озера Балхаш ранее были обнаружены только дрожжевые грибы, представленные 8 видами (Новожилова, 1971). Учитывая, что в солоноватоводном Аральском море, расположенном также как и Балхаш в аридной зоне, найдено 28 видов (Новожилова, Лим, 1968; Novozhilova, Popova, 1972; Эфендиева, 1979; Новожилова, и др., 1985), можно предположить, что видовой состав дрожжевых грибов озера Балхаш изучен к настоящему времени недостаточно. Кроме того, исследования этих грибов проведены более 20 лет назад, в течение которых на 1,5 м упал уровень воды в озере и повысилась ее минерализация. Столь ограниченные сведения о дрожжевых грибах озера и существенные изменения в его гидрологическом и гидрохимическом режимах обусловили необходимость изучения видového состава, его сезонных изменений, распределения по акватории и плотности популяции дрожжей в воде и грунтах озера.

В других минерализованных озерах изучались грибы классов Chytridiomycetes, Hyphochytriomycetes, Oomycetes, Pyrenomycetes, Loculoascomycetes, Plectomycetes и Hyphomycetes. К настоящему времени имеются сведения о грибах озера Солтон-Си (Anastasiou, 1961, 1963), Твин Баттес (Davidson, Christensen, 1971; Davidson, 1974 a), Вамфорт (Davidson, 1976), Большого Соленого Озера (Cronin, Post, 1977; Amon, 1978), Иссык-Куль (Кузнецов, 1984) и Гревелинген (Cock, 1986), которые, согласно общепринятой классификации (Быков, 1983), подразделяются на солоноватоводные с содержанием солей до 12 г/л (Иссык-Куль, Вамфорт и Твин Баттес), соленые – до 33-36 г/л (Солтон-Си, Гревелинген) и сверхсоленые – свыше 36 г/л (Большое Соленое Озеро). В перечисленных озерах изучены преимущественно перифитонные ксилофильные грибы, в результате чего обнаружено лишь 56 видов, из них в солоноватоводных озерах, наиболее близких по минерализации к Балхашу – только 28 видов, в том числе 21 вид зооспоровых грибов, найденных в озере Иссык-Куль,

I плектомицет - в озере Бамфорт и 6 видов сумчатых и несовершенных грибов - в озере Твин Баттес. Полностью неизученными в этих озерах остались представители семейств Saprolegniaceae и Pythiaceae.

## Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА БАЛХАШ

Озеро Балхаш - бессточный водоем в восточной части Казахстана. Расположено оно в обширной Балхаш-Алакольской котловине на высоте 343 м над уровнем моря. Озеро вытянуто с запада на восток, его длина 605 км, ширина в восточной части 2-19 км, в западной - до 74 км.

Характерной особенностью этого водоема является неоднородность ионного состава воды по длине озера. Далеко вдающийся в озеро полуостров Сарыесик разделяет Балхаш на две половины - западную и восточную, соединенные узким проливом Узынарал. Минерализация воды этих двух половин озера различна. Вода в западной части почти пресная (0,7-2,2 г/л), более мутная (прозрачность до 1 м), желто-серого цвета. В восточной части - солоноватая (2,2-5,5 г/л), прозрачная (до 5,5-9 м), цвет от голубоватого до изумрудно-голубого (Домрачев, 1935; Тарасов, 1961).

Для отбора микологических проб по всей акватории озера было установлено 39 станций, из них 19 в зоне литорали и 20 - в открытой части озера. На всех пелагиальных и части литоральных станций отбирали только пробы воды, на другой части литоральных станций также и различные органические остатки. Кроме того, на 25 станциях отбирали пробы донных отложений.

## Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования послужили пробы воды, донных отложений и разлагающихся в воде органических остатков. Всего с 1981 по 1985 гг. в пяти экспедициях на научно-исследовательском судне "Академик Зернов" отобрано 613 проб, из них 318 проб воды, 84 образца стеблей камыша, 82 - стеблей и листьев тростника, 12 - харовых водорослей, 10 - рдеста, 30 - скелетонизированных листьев, 6 - ветвей деревьев, 18 - пены, 14 - экзубиев насекомых, 14 - остатков рыб, 25 образцов грунта, из них 6 - илесто-песчаного, 6 - черного, 6 - темно-серого и 7 - известково-доломитового илов.

Из отобранных проб выделено 1283 культуры, включая 630 изолятов дрожжевых, 499 - факультативно водных дейтеромицетов, 23 - облигатно водных гифомицетов, 108 - оомицетов, 21 - зигомицетов и 2 изолята хитридиевых грибов.

Хитридиомицеты изучали в пробах воды и донных отложений методом приманок с использованием пыльцы сосны. Отбор проб для анализа производили согласно методике, предложенной Е. А. Кузнецовым (1981). Безбактериальные культуры получали на среде YpSs.

Сапролегниевые и питиевые грибы выделяли из воды, донных отложений, с растительных остатков, экзубиев насекомых и рыб методом приманок. Нами разработана модифицированная методика выделения безбактериальных культур оомицетов в полевых условиях, которая обеспечивала до окончания экспедиции, длившейся иногда более месяца, сохранение жизнеспособности выделенных культур на скошенном кукурузном агаре в пробирках.

Сумчатые и пикнидиальные грибы изучали на гербаризированных образцах стеблей и листьев тростника и камыша общепринятыми в микологии методами.

Дрожжевые грибы изучали в пробах воды и донных отложений с помощью метода проращивания на сусло-агаре (Родина, 1965).

Облигатно водные гифомицеты изучали в пробах пены, на гниющих в воде листьях деревьев, остатках стеблей и листьев камыша и тростника. Чистые культуры этих грибов получали с помощью посева отдельных конидий на сусло-агар.

Факультативно водные грибы классов Zygomycetes, Coelomycetes, и Nephromycetes выделяли из воды, донных отложений, с остатков листьев деревьев, тростника и камыша посевом проб на сусло-агар.

При анализе состава дрожжевых и факультативно водных мицелиальных грибов в воде и донных отложениях применяли показатели частоты встречаемости и массовости (Артемчук, 1981). Статистическую обработку количественных данных проводили по И. П. Ашмарину и А. А. Воробьеву (1962). Для определения степени сходства видового состава грибов различных естественно-географических районов озера, отличающихся по степени минерализации воды, использовали теоретико-графовый метод (Семкин, Куликова, 1981).

Для изучения внеклеточных целлюлаз и монофенол-монооксигеназы некоторых облигатно водных грибов использована модифицированная нами жидкая среда Парка (Park, 1976). Грибы выращивали на фильтровальной бумаге и измельченных стеблях тростника - наиболее распространенного растения литорали озера Балхаш. Активность ферментов, pH среды и количество редуцирующих веществ определяли в динамике роста грибов на 3, 12 и 30 сутки. Активность монофенол-монооксигеназы измеряли модифицированным методом определения пероксидазы (Гавриленко и др., 1975), внеклеточных целлюлаз - по степени оса-

харивания карбоксиметилцеллюлозы натрия (КМЦ-активность) и фильтровальной бумаги (ФБ-активность).

Глава 4. ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ ОЗЕРА БАЛХАШ

Изучение видового состава грибов озера Балхаш позволило выявить 95 видов с 5 разновидностями, из них 19 видов принадлежат к классам Chytridiomycetes и Oomycetes (подотдел Mastigomycotina), 2 - к классу Zygomycetes (подотдел Zygomycotina), 5 - Hemiascomycetes, Pyrenomycetes и Loculoascomycetes (подотдел Ascomycotina и 74 вида - к классам Blastomycetes, Nephromycetes и Coelomycetes (подотдел Deuteromycotina).

Облигатно водными являются 29 видов, из них 4 хитридиомицета, 15 оомицетов, 1 сумчатый и 9 несовершенных грибов. Из 71 вида факультативно водных грибов - 2 зигомикета и 4 сумчатых, остальные 65 видов - несовершенные грибы, которые по экологической классификации Парка (Park, 1972) могут быть отнесены к группе организмов-мигрантов или случайных микроорганизмов. Первые в водной средеобладают периодической или спорадической, а вторые - только спорадической активностью. Есть среди них, очевидно, и транзитные виды, у которых активность в водной среде вообще отсутствует.

Новыми для микобиоты СССР являются Chytridium polysiphoniae, Amphisphaeria aquatica и Cylandrosporium aquaticum, новыми для Средней Азии и Казахстана - 37 видов из 17 родов (табл. I). Впервые на Phragmites australis обнаружены Diplodina graminea, Leptosphaeria luctuosa, Platyspora pentamera, Stagonospora curvula, на Scirpus lacustris - Diplodina calamagrostidis. Кроме того, впервые с экзубиев насекомых выделен Pythium afertile, а с разлагающихся остатков рыб - P. middletonii.

В воде и грунтах Балхаша обнаружено 4 вида хитридиомицетов. По-видимому, удалось выявить только наиболее распространенные виды, т.к. в Иссык-Куле в аналогичных биотопах найдено 11 видов хитридиомицетов (Кузнецов, 1984). Общими для обоих озер являются Rhizophydium pollinis-pini и Rh. sphaerotheca - виды, широко распространенные в пресных и соленых местообитаниях (Sparrow, 1960; Артемчук, 1981; Booth, 1969, 1971 и др.).

Из оомицетов в Балхаше обнаружены представители порядков Saprolegniales и Peronosporales. Сапролегниальные грибы представлены 6 видами, из них Achlya bisexualis, Dictyuchus monosporus, Saprolegnia diclina и S. ferax обнаружены ранее в солонатоводных участках эстуариев (Te Strake, 1959; Padgett, 1978; Wagner-Mermer, 1980; Артемчук, 1981), где видовое разнообразие этих грибов

Таблица I

Виды грибов, впервые обнаруженные в СССР, Средней Азии и Казахстане

Виды	биотопы и субстраты
I	2
**Chytridium polysiphonia	донные отложения
**Nowakowskiella elegans	донные отложения, тростник
*Rhizophydium sphaerotheca	вода, донные отложения
*Rh. pollinis-pini	вода, донные отложения
**Achlya bisexualis	остатки тростника, камыша
**A. bisexualis var. ambisexualis	остатки рыб, тростника, камыша
*Dictyuchus monosporus	остатки ветвей и листьев деревьев
**Saprolegnia diclina	донные отложения, остатки рдеста
*S. ferax	вода, остатки тростника, камыша, харовых водорослей и рыб
*S. parasitica	вода, остатки рыб
**Pythium afertile	вода, харовые водоросли, рдест, экзубии насекомых
**P. elongatum	вода, донные отложения, остатки тростника, камыша, листьев деревьев, харовых водорослей, рдеста
**P. marsipium	остатки тростника, листьев деревьев
*P. middletonii	остатки листьев и ветвей деревьев, насекомых и рыб
**P. pulchrum	вода
**P. torulosum	донные отложения, харовые водоросли
*P. ultimum	донные отложения
**P. undulatum	вода, остатки тростника
**Amphisphaeria aquatica	стебли тростника
**Leptosphaeria luctuosa	- " -
**Cylandrosporium aquaticum	- " -
*Hendersonia phragmitis	листья тростника
*Microdiplodia beckii	- " -
**Candida edax	вода
**C. famata	вода, донные отложения
**C. haemulonii	вода
**C. humicola	вода
**Cryptococcus ater	вода
**C. humicolus	вода

Продолжение табл. I

I	2
** C. skinneri	вода
** C. terreus	вода
** Rhodotorula graminis	вода
** Rh. lactosa	вода
** Rh. pallida	вода
** Rh. pilimanae	вода, донные отложения
** Kloeckera apiculata	вода
** Aureobasidium pullulans	вода, донные отложения
Виды новые для:	** - СССР
	** - Средней Азии
	* - Казахстана

также невелико и представлено 9 видами.

Грибы порядка Peronosporales в озере представлены 9 видами рода Pythium.

Нами в озере Балхаш обнаружены лишь 2 вида зигомицетов - *Mucor racemosus* и *M. saturninus*. По-видимому, удалось выделить только наиболее распространенные виды, т.к. в Черном море, например, найдено 10 видов этого класса (Артемчук, 1981).

Сумчатые грибы озера представлены 5 видами классов *Hemiascomycetes*, *Pyrenomycetes* и *Loculoascomycetes*. Голосумчатые грибы - *Saccharomyces cerevisiae* и *Metschnikowia pulcherrima* являются факультативно водными дрожжевыми видами, встречающимися в солоноватоводных и морских местообитаниях (Morris, 1968; Новожилова, 1979). Пиреномицеты в озере представлены единственным видом *Amphisphaeria aquatica*, ранее выявленным только в пресноводных местообитаниях, а локулоаскомицеты - факультативно водными видами *Leptosphaeria luctuosa* и *Platyspora pentamera*. В отличие от других солоноватоводных озер здесь не обнаружены облигатно морские виды. На основании этого можно предположить, что уровень солености воды в 9-10 г/л, характерный для озер Твин Баттес и Бамфорт, является нижней солевой границей для распространения морских грибов.

Из несовершенных грибов в озере Балхаш облигатно водными являются 9 видов из родов *Alatospora*, *Anguillospora*, *Clavariopsis*, *Mycocentrospora*, *Tetracladium*, *Fusarium*, *Samarosporium*, *Hendersonia* и *Cylindrosporium*.

Среди дрожжевых грибов класса *Blastomycetes* наиболее разнообразен видовой состав родов *Cryptococcus* (8 видов с 4 разновиднос-

тями), *Rhodotorula* (7 видов с 1 разновидностью) и *Candida* (4 вида). Роды *Sporobolomyces* и *Kloeckera* представлены в озере единственным видом каждый.

Факультативно водные целкомицеты относятся к 7 видам родов *Diplodina*, *Hendersonia*, *Macrophoma*, *Microdiplodia*, *Phoma* и *Stagonospora*, гифомицеты - к 30 видам родов *Aspergillus*, *Moniliella*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Torula*, *Stachybotrys*, *Stemphylium*, *Tetracoccusporium* и *Ulocladium*.

#### Глава 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРИБОВ ОЗЕРА БАЛХАШ

Установлена специфика распределения грибов в пене, водной толще, донных отложениях и на различных органических субстратах, разлагающихся в воде литоральной зоны озера.

В пене обнаружены конидии *Alternaria alternata*, *Anguillospora longissima* и *Tetracladium marchalianum*. Конидии первого из них обнаружены в 6 пробах, а двух облигатно водных видов - только в I пробе, отобранной в устье реки Или. Низкая частота встречаемости конидий облигатно водных гифомицетов в пене, по-видимому обусловлена слабым развитием этих пресноводных грибов в солоноватоводном озере Балхаш.

В водной толще озера выявлено 68 видов грибов, включая 8 видов низших зооспоровых грибов, 31 - факультативно водных грибов классов *Zygomycetes*, *Coelomycetes*, *Hyphomycetes* и 24 вида с 5 разновидностями дрожжевых грибов классов *Hemiascomycetes*, *Blastomycetes* и *Hyphomycetes*.

Из хитридиомицетов в водной толще найдены лишь *Rhizophyidium sphaerotheca* и *Rh. pollinis-pini*. Эти виды выделены из проб воды как пресноводной, так и солоноватоводной частей озера. Среди оомицетов в водной толще наиболее распространенными являлись *Pythium afertile* и *P. elongatum* - эти виды, так же как и хитридиомицеты, обнаружены в обеих частях озера. Только в пресноводной части озера найдены *Pythium pulchrum*, *P. undulatum*, *Saprolegnia ferax* и *S. parasitica*.

В составе факультативно водных мицелиальных грибов наиболее разнообразен видовой состав семейств *Moniliaceae* и *Dematiaceae*, каждое из которых представлено, соответственно, 14 и 13 видами. На долю остальных семейств классов *Zygomycetes*, *Hyphomycetes* и *Coelomycetes* приходилось 4 вида - 2 из рода *Mucor* и по 1 из ро-

дов *Fusarium* и *Phoma*.

Наиболее часто встречающимися в водной толще являлись *Penicillium chrysogenum*, обнаруженный в 62 пробах из 170 отобранных, *P. variable* - в 28, *Fusarium oxysporum* - в 46 и *Paecilomyces varioti* - в 30 пробах. *Aspergillus terreus*, *A. ustus*, *Alternaria brassicicola*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Moniliella suaveolens*, *Penicillium jensenii*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Stemphylium pyriforme*, *Trichoderma koningii*, *Torula herbarum* и *Ulocladium botrytis* выделены лишь однажды и скорее всего привнесены в водную среду из воздуха или с терригенными стоками. Встречаемость остальных видов в различные сезоны 1982 г. не превышала 14%.

Большая часть факультативно-водных грибов (20 видов), за исключением редко встречающихся видов, найдены в литорали и пелагиали как пресноводной так и солоноватоводной частей озера.

Обнаружены определенные сезонные изменения состава факультативно-водных грибов в водной толще. Наиболее разнообразный состав этих грибов отмечен летом (июль) 1982 г. - в этот период в воде найдено 26 видов. Весной (май) и осенью (сентябрь-октябрь) того же года обнаружено, соответственно, 18 и 19 видов. Кроме доминирующих видов, во все сезоны исследования обнаружены *Alternaria alternata*, *A. geophila*, *Aspergillus luchuensis*, *A. niger*, *Cladosporium brevicontractum*, *Mucor saturninus*, *Penicillium corymbiferum*, *P. frequentans*, *P. implicatum* и *Stachybotrys atra*. Характерными видами для летнего сезона являлись *Cladosporium macrocarpum* и *Tetracosporium rahianum*. Все остальные виды, обнаруженные в какой-то один сезон исследования, относятся к редко встречающимся.

Среди дрожжевых грибов наиболее часто встречающимися в воде озера являлись *Cryptococcus albidus* var. *albidus*, *Rhodotorula glutinis* var. *glutinis* и *Rh. rubra*. Частота встречаемости этих видов в мае, июле и сентябре-октябре 1982 г. колебалась от 21 до 50,8%. Редко встречающимися видами, выделенными лишь однажды, являлись *Candida edax*, *C. haemulonii*, *Cryptococcus ater*, *C. albidus* var. *aerius*, *C. albidus* var. *diffluens*, *C. humicolus*, *C. luteolus*, *C. skinneri*, *C. terreus*, *Rhodotorula lactosa*, *Saccharomyces cerevisiae*. К этой же группе можно отнести *Candida humicola*, обнаруженную по одному разу летом и осенью, а также *Kloeckera apiculata*, выделенную дважды в осенний период 1982 г. Частота встречаемости остальных видов, как правило, не превышала 20%.

Обнаружены сезонные изменения состава дрожжевых грибов водной толщи. Наибольшее видовое разнообразие (25 видов) отмечено осенью

(сентябрь-октябрь). В весенний (май) и летний (июль) сезоны найдено, соответственно, 14 и 13 видов. Наряду с доминирующими видами, во все сезоны исследования 1982 г. найдены *Aureobasidium pullulans*, *Cryptococcus laurentii* var. *laurentii*, *Rhodotorula graminis*, *Rh. pallida*, *Rh. pilimanae* и *Sporobolomyces salmonicolor*. *Cryptococcus laurentii* var. *laurentii* и *C. laurentii* var. *magnus* чаще встречались в весенний период. Летом отмечено снижение частоты встречаемости большинства видов, выделенных во все сезоны 1982 г. (или в два из сезонов, включая летний). В осенний период появляется и достигает доминирующего положения *Cryptococcus uniguttulatus*, обнаруженный в 66,7% проб. Кроме того, только в этот сезон исследования неоднократно встречались *Metschnikowia pulcherrima* и *Sporobolomyces salmonicolor*. Остальные различия видового состава дрожжевых грибов, обнаруженных в различные сезоны 1982 г. сформировались за счет редко встречающихся видов.

Анализ распределения дрожжевых грибов в пресной и солоноватой частях озера показывает сходство их видового состава. Так, в западном Балхаше найдено 20 видов, в восточном - 22, общими для обеих частей озера являлись 13 видов. Только в пресноводной части озера встречались *Rhodotorula minuta* var. *texensis* и *Rh. pallida*. К видам, неоднократно выделенным лишь из воды солоноватоводной части озера, относятся *Cryptococcus laurentii* var. *flavescens*, *Kloeckera apiculata*, *Metschnikowia pulcherrima* и *Sporobolomyces salmonicolor*. Различия в видовом составе дрожжевых грибов литорали и пелагиали определяются в основном редкими видами. Единственным видом, неоднократно обнаруженным только в пелагиали, являлся *Candida humicola*.

В распределении дрожжевых грибов по акватории озера отмечена приуроченность их к прибрежным, мелководным районам, сильно заросшим воднопогруженной и воздушно-водной растительностью, где во все сезоны исследования отмечались наибольшие значения численности (2,0 - 30,0 тыс. кл/л). В открытой части озера численность дрожжей не превышала 2 тыс. кл/л.

В 77,8% случаев отмечено уменьшение численности дрожжевых грибов с глубиной, что, по-видимому, обусловлено приуроченностью их к фитопланктону, основная масса которого сосредоточена в эпилимнионе.

Весной и осенью дрожжи встречались в воде несколько чаще, чем летом и в эти же сезоны на всех станциях отмечалась повышенная плотность их популяции. Причем, в осенние месяцы численность и встречаемость дрожжевых грибов в воде прибрежных и пелагиальных

участков была выше, чем весной. Весенний пик, по-видимому, обусловлен привнесением биогенов и органики с тальми водами, а также интенсивным развитием в этот период весеннего фитопланктона. Летом, с повышением температуры, увеличивается количество зоопланктонных организмов, которые являются активными фильтраторами и участвуют в выедании популяции дрожжевых грибов. Осенний пик стимулируется интенсивным отмиранием водорослей и высших водных растений, поставляющих субстрат для развития этих грибов, а также снижением количества зоопланктона.

Обнаружена определенная специфичность состава перифитонных грибов, развивающихся на различных органических субстратах. Так, только на растительных остатках найдены представители классов *Pyrenomycetes*, *Loculoascomycetes* и большинство *Coelomycetes*. Наибольшее количество высших грибов (30 видов) обнаружено на остатках стеблей и листьев *Phragmites australis*, на *Scirpus lacustris* и листьях деревьев - соответственно, I3 и 2I вид. Только на *Phragmites australis* обнаружены представители родов *Amphisphaeria*, *Leptosphaeria*, *Platyspora*, *Camarosporium*, *Hendersonia*, *Macrophoma*, *Microdiplodia*, *Stagonospora* и *Cylindrosporium*, на *Scirpus lacustris* - *Diplodina calamagrostidis*. На листьях деревьев развиваются облигатно водные гифомицеты родов *Alatospora*, *Anguillospora*, *Clavariopsis*, *Mycocentrospora*, *Tetracladium* и *Fusarium*. Состав факультативно водных гифомицетов на перечисленных субстратах довольно сходен и представлен видами родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium* и др.

Из низших зооспоровых грибов наиболее распространенными на различных органических остатках являются представители родов *Pythium* и *Saprolegnia*, обнаруженные на всех изученных субстратах. Из сапролегниевых грибов самым распространенным видом являлся *Saprolegnia ferax*, из питиевых - *Pythium afertile* и *P. elongatum* - эти виды обнаружены на большинстве изученных субстратов как растительного, так и животного происхождения. Впервые установлена способность *Pythium afertile*, известного ранее только на растительных остатках, колонизировать также экзувии насекомых, а *P. middletonii* - остатки рыб.

В донных отложениях озера Балхаш обнаружено 32 вида грибов классов *Chytridiomycetes* (4 вида), *Oomycetes* (6 видов), *Zygomycetes* (I вид), *Coelomycetes* (I вид), *Blastomycetes* (6 видов) и *Hypomycetes* (14 видов). Все виды последних четырех классов, а также 8 видов низших зооспоровых грибов найдены, кроме того, в водной

толще и на различных органических субстратах, что указывает на тесную взаимосвязь этих биотопов. Чаще других выделялись *Rhizophydium pollinis-pini*, *Rh. sphaerotheca*, *Cryptococcus albidus* var. *albidus*, *Rhodotorula glutinis* var. *glutinis*, *Rh. rubra*, *Cladosporium brevi-compactum*, *Stachybotrys atra*. Только в донных отложениях найдены *Chytridium polysiphoniae* и *Pythium ultimum*.

Хитридиомицеты и оомицеты обнаружены в трех типах донных отложений: илистом песке, черном и темно-сером илах. Во всех из них найдены *Rhizophydium pollinis-pini*, *Rh. sphaerotheca* и *Nowakowskiella elegans*. *Pythium afertile*, *P. elongatum* и *Saprolegnia diclina* обнаружены в илистом песке и черном иле. Только в темно-сером иле найдены *P. torulosum* и *S. ferax*, а *Chytridium polysiphoniae* и *P. ultimum* выделены из проб черного ила.

Дрожжевые и мицелиальные факультативно водные грибы обнаружены во всех типах донных отложений. В рыхлых грунтах (илистый песок) частота встречаемости и плотность популяции этих грибов оказались более высокими, а видовой состав более разнообразным, чем в вязких илах (черный, темно-серый и известково-доломитовый илы).

Среди факультативно водных гифомицетов в рыхлых грунтах наиболее разнообразен состав светлоспоровых грибов семейства *Moniliaceae*, представленного 6 видами, причем представители родов *Aspergillus* и *Penicillium* являлись и наиболее массовыми в этом типе донных отложений. Из темноцветных гифомицетов в илистом песке найдено только 3 вида. В вязких грунтах - черном и темно-сером илах - по количеству видов преобладали темноцветные грибы, представленные, соответственно, 5 и 6 видами. Из светлоспоровых грибов семейства *Moniliaceae* здесь найдено по 3 вида. Наиболее массовыми в вязких илах были представители родов *Cladosporium* и *Stemphylium*.

Учитывая, что в рыхлых грунтах содержание органического углерода (0,09%) значительно ниже (Сапожников, 1954), чем в вязких илах (0,66-1,9%), можно предположить, что на подобное распределение дрожжевых и факультативно водных мицелиальных грибов в различных типах донных отложений оказывает влияние не только содержание доступного органического вещества, но и газовый режим грунтов. Из литературы известно (Кузнецов, 1970; Романенко, 1986), что в вязких илах аэробными условиями отличается тончайший экранирующий слой, толщина которого не превышает нескольких миллиметров. В рыхлых грунтах аэробный слой значительно толще и достигает нескольких сантиметров, что, очевидно, и обуславливает более разнообраз-



разный видовой состав и высокую численность грибов в этом биотопе.

Повышение минерализации воды в озере сопровождается снижением видового разнообразия грибов. Так, исключительно слабоминерализованными водами (до 2,3 г/л) западной части озера ограничено распространение большинства пикнидиальных грибов, в солоноватоводной части обнаружены лишь *Stagonospora curvula* и *Phoma* sp. Из сумчатых грибов по всему побережью озера встречалась только *Leptospheria luctuosa*. облигатно водные гифомицеты обнаружены преимущественно в слабоминерализованной зоне реки Или. Четыре вида сапролегниевых грибов из 6 обнаруженных в озере также обитают только в западной слабоминерализованной части озера. В восточном Балхаше, в интервале солености 2,3-4,5 г/л, найдены лишь *Saprolegnia ferax* и *S. parasitica*. В то же время минерализация воды до 5,5 г/л не является фактором, лимитирующим распространение большинства облигатно водных питиевых грибов и факультативно водных мукоральных, криптококкальных и гифомицетальных грибов.

#### Глава 6. ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩАЯ И ФЕНОЛОКИСЛЯЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ОБЛИГАТНО ВОДНЫХ ГРИБОВ В КУЛЬТУРЕ

Изучена способность 8 облигатно водных грибов: оомицетов *Pythium afertile*, *P. debaryanum*, *P. elongatum*, *P. marsipium*, *Achlya bisexualis*, *Saprolegnia ferax*, *S. parasitica* и водного гифомицета *Anguillospora longissima* развиваться на чистой целлюлозе и измельченных стеблях тростника в жидкой среде Парка. Нами показано, что рост изученных грибов на фильтровальной бумаге значительно хуже, чем на тростнике. Так, все оомицеты лишь обрастали поверхность фильтровальной бумаги, а водный гифомицет формировал колонию на ее поверхности. На измельченном тростнике уже на третий день мицелий каждого из 8 указанных видов грибов заполнил весь объем культуральной среды.

ФБ- и КМЦ-активности обнаружены у всех 8 видов грибов, причем ФБ-активность большинства из них выше при росте на фильтровальной бумаге, а КМЦ-активность - на тростнике. В целом ФБ- и КМЦ-активности исследованных водных грибов более чем на порядок ниже по сравнению с наземными грибами, например, с базидиомицетами.

Впервые изучена монофенол-монооксигеназная активность оомицетов. В отличие от базидиальных грибов, монофенол-монооксигеназа оомицетов разлагает бензидин сразу до конечных продуктов, о чем свидетельствует желто-коричневое окрашивание реакционной смеси. Этот фермент не обнаружен у *Anguillospora longissima*.

#### В В О Д И

1. В результате впервые проведенного микологического обследования прибрежной и пелагиальной зон озера Балхаш установлен видовой состав низших зооспоровых, сумчатых и несовершенных грибов, приуроченных к различным субстратам и биотопам. При обработке 613 проб воды, пены, грунтов, остатков растений, рыб и насекомых, разлагающихся в воде озера, обнаружено 95 видов и 5 разновидностей грибов, относящихся к 45 родам, 17 семействам, 12 порядкам, 9 классам отделов *Mastigomycotina*, *Zygomycotina*, *Ascomycotina* и *Deuteromycotina*. Из них 3 вида являются новыми для СССР, 27 видов для Средней Азии, 37 - для Казахстана.

2. Наибольшее количество видов (72%) содержат несовершенные грибы семейств *Cryptococcaceae*, *Sphaerioidaceae*, *Moniliaceae*, *Dematiaceae*. Довольно разнообразно представлены также низшие грибы семейств *Saprolegniaceae* и *Pythiaceae* (15%). На долю остальных 11 семейств приходится всего 13% от общего количества обнаруженных видов.

3. Минерализация воды в озере не ограничивает распространение по акватории большинства видов хитридиальных, пероноспоральных (питиевых), сумчатых, дрожжевых грибов и факультативно водных гифомицетов. облигатно водные гифомицеты и преобладающее большинство видов сапролегниальных и пикнидиальных грибов населяют западную часть озера с минерализацией воды до 2,2 г/л.

4. В распространении дрожжевых грибов по акватории отмечена приуроченность их к прибрежным мелководным, сильно заросшим воднопогруженной и воздушно-водной растительностью участкам, где численность их достигала 30 тыс. кл/л. В пелагиальной зоне плотность популяции дрожжевых грибов не превышала 2 тыс. кл/л.

По вертикали максимальные значения численности и встречаемости этих организмов отмечены в эпилимнионе. Минерализация воды до 5,5 г/л не влияет на уровень численности дрожжевых грибов в водной толще озера.

5. Отмечено два максимума встречаемости и численности дрожжевых грибов в водной толще - весенний и осенний, причем второй из них выше по обоим показателям, в этот же период видовое разнообразие (25 видов) почти вдвое выше, чем весной (14 видов) и летом (13 видов).

6. Для облигатно водных гифомицетов, сумчатых и пикнидиальных грибов отмечена выраженная субстратная специфичность. К разлагающимся в воде остаткам стеблей и листьев *Phragmites australis*

приурочены виды сумчатых грибов родов *Amphisphaeria*, *Leptosphaeria*, *Platyspora* и пикнидиальных грибов родов *Camarosporium*, *Diplodina*, *Hendersonia*, *Macrophoma*, *Microdiplodia*, *Stagonospora*, *Cylindrosporium*; только на стеблях *Scirpus lacustris* обнаружена *Diplodina calamagrostidis*; на гниющих в воде листьях деревьев - облигатно водные гифомицеты родов *Alatospora*, *Anguillospora*, *Clavariopsis*, *Mycocentrospora*, *Tetracladium* и *Fusarium*. На всех вышеперечисленных субстратах выявлены факультативно водные гифомицеты родов *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Stachybotrys*, *Stemphylium* и *Torula*. Из низших зооспоровых грибов наиболее распространены виды родов *Pythium* и *Saprolegnia*, отмеченные во всех биотопах на всех изученных субстратах, за исключением экзубиев насекомых, которые заселяют только *Pythium afertile* и *P. middletonii*.

7. Установлены различия в видовом составе дрожжевых и факультативно водных мицелиальных грибов вязких и рыхлых грунтов. Частота встречаемости и численность пропагул этих грибов выше в илистом песке. В вязких грунтах (черный и темно-серый илы) по количеству видов доминирует семейство *Dematiaceae*, причём виды темноцветных гифомицетов родов *Cladosporium* и *Stemphylium* являлись здесь и наиболее массовыми. В рыхлых грунтах разнообразнее состав семейства *Moniliaceae*, по плотности пропагул доминируют представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

8. Низшие зооспоровые грибы классов *Chytridiomycetes* и *Oomycetes* обнаружены во всех типах донных отложений, за исключением известково-доломитовых илов.

9. Установлено, что 8 облигатно водных грибов, в том числе оомицеты: *Pythium afertile*, *P. debaryanum*, *P. elongatum*, *P. marsipium*, *Achlya bisexualis*, *Saprolegnia ferax*, *S. parasitica* и водный гифомицет *Anguillospora longissima* при развитии в жидкой среде Парка на фильтровальной бумаге и измельченных стеблях тростника, выделяют в культуральную среду целлюлазы, способные осахаривать карбоксиметилцеллюлозу натрия (КМЦ-активность) и фильтровальную бумагу (ФВ-активность). КМЦ-активность большинства изученных оомицетов выше при развитии их на тростнике, а ФВ-активность всех изученных грибов и КМЦ-активность водного гифомицета - на фильтровальной бумаге. Монофенол-монооксигеназа в культуральной среде обнаружена только у оомицетов. Чистая целлюлоза, как единственный источник углерода, хорошо усваивается только водным гифомицетом.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. The *Rhodotorula* yeasts of Balkhash lake. // Proc. 3rd Intern. Mycol. Congress, Tokyo, 1983. - P. 691.
2. Дрожжи озера Балхаш. // Материалы УП Конф. по спорным раст. Средней Азии и Казахстана, Алма-Ата, 1984. - С. 16-17.
3. Водные гифомицеты как компонент биоценоза реки Малая Алма-Атинка. // В кн.: Экологические аспекты водной микробиологии, Новосибирск: Наука, 1984. - С. 90-98.
4. Эколого-флористическое изучение водных грибов озера Балхаш. // Материалы III Всес. Конф. "Изучение грибов в биогеоценозах", Ташкент, 1985. - С. 25.
5. Низшие водные грибы озера Балхаш. // Известия АН КазССР, 1986. - № 3. - С. 22-27.

Б.Вант

Подп. к печ. 12.07.88 БФ 14912 Формат 60×84/16 Бумага кн. офс.  
Печ. офс. Усл. печ. л. 0,93 Уч.-изд. л. 0,66 Тираж 100.  
Зак. 8-4368. Бесплатно.

Киевская книжная типография научной книги. Киев, Репина, 4.