ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛЪГОФЛОРЫ МОЛДОВЫ

В.М. ШАЛАРЬ, В.В. ШАЛАРУ, Л. УНГУРЕАНУ

В результате боле 50 летних исследований (Шаларь,1959-1988, Шалару 1986 -2014, Обух,1961-1988, Данилов 1967 – 1997, Унгуреану, 2000-2011), получены важные теоретические результаты по флоре, системе, эволюции, географическому распространению, биологической продуктивности и практическому использованию водорослей, как первичных биопродуцентов в водоёмах Молдавии.

Выявлен видовой состав флоры водорослей Молдавии, включающий более 1890 видов, из которых около 1700 видов впервые зарегистрированы на территории Молдавы.

Нашими исследованиями были охвачены все типы естественных и искусственных водоёмов Молдовы (реки, водохранилища, озера, пруды, водоёмы, систем очистки сточных вод и водоподготовки а такие едафические водоросли). Выявлены основные закономерности становления флоры, распределения, сезонной динамики, установлены доминирующие альгоценозы, особенности количественного развития и биологической продуктивности в разных водоёмах а также альгоылора естественных и агрофитоценозов.

Альгологические исследования были связаны с изучением биологических ресурсов водоёмов Молдавии, а также с решением народнохозяйственных задач: гидростроительство, создание водохранилищ для регулирования речного стока и гидроэлектростанций, создание тепловых электростанций и водоёмов -охладителей, предупреждение явлений, отрицательно влияющих на качество воды (“цветение”, зарастание высшими водными растениями и водорослями), становление санитарно– биологических качеств природных вод, выявление перспективных для культивирования видов, разработка технологии массового культивирования водорослей и использования полученной фитомассы в народном хозяйстве, интенсификация очистки сточных вод. Таким образом, нашими исследованиями охвачены основные особенности биологии, экологии и продуктивности водорослей, проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Авторами внесён ряд предложений по охране как водных систем в целом, так и отдельных видов водорослей путем их выделения в чистые культуры и создания коллекций штаммов, многие из которых уже нашли широкое практическое применение.

Более детально исследованы планктонные альгоценозы. В составе фитопланктона рек доминируют диатомовые водоросли, причём более половины видов являются представителями донных или факультативно-донными. Меньше половины видов планктона рек составляют типично эупланктонные водоросли. В речных условиях характерно круглогодичное развитие фитопланктона, в том числе в подлёдных условиях. Изучена зависимость развития водорослей от основных факторов среды (температура, химический состав воды, динамика водных масс, степень и характер загрязнения, интенсивность и характер водопользования и др.).

По отношению к солености большинство водорослей водоёмов Молдовы является индифферентными, хотя встречаются также галофильные (5-7%) и солоновато– водные и морские формы (около 15%),что свидетельствует о прогрессирующем увеличить минерализации воды во всех водоёмах республики. Диатомовые водоросли, основной компонент речных ценозов, относятся, главным образом к пеннатным, представители центрических форм нередко развиваются в значительном количестве в планктоне. Зимой кроме диатомовых встречаются также хризофитные водоросли, летом, в зависимости от скорости течения и уровня воды, к ним добавляются хлорококковые, а в местах с замедленным течением также вольвоксовые, эвгленовые, синезеленые и другие группы водорослей. Весной развитие планктона начинается с увеличениячисленности отдельных видов центрических диатомовых их родов *Cyclotela* и *Stephnodiscus* хлорококковых водорослей. Из родов *Scendesmus Pediastrum, Ankistrodesmus, Oocystis* и др.В начале лета на участках с течением меньше I м/сек появляются зеленью (вольвоксовые и хлорококковые) и эвгленовые водоросли. Осенью всегда доминируют хлорококковые и диатомовые водоросли. В последние годы (1976-1984 г.г.) в Дубоссарском водохранилище и нижнем течении реки Днестр спорадически развивается в огромном количестве (до 250-700 млн клеток) диатомовая водоросль *Cyc1ote11a chaetoceros*, часто забивающая фильтры водозаборных сооружений и тем самым создающая нежелательные помехи в питьевом водоснабжении г.Кишинева и других населенных пунктов. Детальные исследования факторов, обуславливающих развитие этой и других видов диатомовый: водорослей позволило нам дать ряд рекомендаций Водоканалтресту г.Кишинева по предотвращению забивания фильтров на Днестровской водопроводной станции г. Кишинева. В среднем численность фитопланктона реки Днестр в пределах МССР колеблется в пределах от I млн до 15 млн клеток/л (по результатам многолетних наблюдений). В реке Прут фитопланктон развивается менее интенсивно в связи с более высокой скоростью течения, сезонные же особенности сохраняются такими же, как и для Днестра. По сапробности альгофлора водоёмов Молдовы распределяется следующим образом: 47%~ бетамезо-

сапробы, 41%-олигосапробы, 5% -альфа-мезосапробы, 6%– виды неясного отношения к органическому загрязнению. Установлен комплекс видов-индикаторов органического загрязнения рек, прудов и водохранилищ – основных источников технического, питьевого, оросительного водоснабжения. Этот комплекс видов используется в мониторинге окружающей среды при оценке санитарных качеств воды. В отношении к температуре изученная флора разделяется на виды, мало зависящие от динамики температуры воды, а также виды, приуроченные к определенным сезонам: весенние, весенне-осенние, зимние и летние. Виды эвритермные состовляют около 65%, обще-во видового свойства стенотермные -26-32%, фригидофильные -8-12%. К стенотермным фригидофильным относятся многие золотистые и желто-зеленые водоросли, которые появляются в планктоне водохранилищ и неспускных прудов при установлении сплошного ледостава. В остальное время года эти виды практически не встречаются (или встречаются единичными экземплярами). Основная масса видов являются теплолюбивыми и вегетируют с весны до поздней осени. Особо необходимо подчеркнуть изменение качественного состава альгофлоры в связи а созданием водоёмов-охладителей ТЭЦ, каким является Кучурганское водохранилище. Здесь постепенно выбывают все холодолюбивые и индифферентные виды, вместо них в огромном коли-честве развиваются отделиные виды, характерные для теплого времени года. В связи со сбросом в водоём теплых вод появились, даже вида, характерные для водоёмов тропических и субтропических областей. Одновременно с термическим загрязнением водной среды альгофлора изменяется в направлении медатеранизации с типичными пиками "цветения" сменяющисия периодами очень слабого развития водорослей.Большинство видов флоры Молдавии являются типично пресноводными и обитают при суммарной минерализации меньше 1000 мг/л. Виды галофильные составляют менее 7,0%, солоновато-водные и морские – около 15%. Возрастание солёности воды, которое связано с увиличением среднегодовой температуры воды, например, в водоёме-охладителе Молдавской ГРЭС, приводит к обеднению качественного состава альгофлоры и, как следствие, к спорадическим, не поддающимся пока прогнозированию вспышкам отдельных видов синезе-леных, динофитовых и других групп водорослей. Если в Кучурганс-ком лимане до сооружения Молдавской ГРЭС встречалось не более 140-150 видов водорослей (по данньм Д.О.Свиренко и А.М. Аксентьева за 1926 г.) то сразу после этого количество видов, особенно планктонных водорослей, увеличилось почти в три раза, а через 20 лет снова уменьшилось до 170-180 видов. Мы пришли к выводу, что такие изменения являются следствием изменения режима минерализации (круглый год выше 1,3 -1,6 г/л и среднегодовои температуры воды состовляющей +6-8 С, летом на 5-8°С выше по сравнению с периодом до пуска в строй

Молдавской ГРЭС). Параллельно с этим изменился состав подводной растительности, качественно он стал беднее. Исчезли многие виды растений и водорослей. Разрастаются подводные "луга" некоторых видов рдестов, урути,роголистников и др. На каторых в массе развивается епифитныя альгофлора.Наличие в водохранилище го течения срывает и сносит растения на водозаборные сооружения. Эти растения являются отличным субстратом для развития дрейссены и других животных, отрицательно влияющих на качество воды, нарушающих техническое водоснабжение ГРЭС. Параллельно с этим происходит "цветение" воды, причем как раз в такие периоды, когда требуется повышенный забор воды для охлаждения агрегатов ГРЭС. Всё это послужило основанием, для разработки мер по регулированию минерализации воды путем принудительного водообмена в период весеннего половодья путем забора воды из Турунчука и сброса части воды из водохранилища. Разработка указанного мероприятия потребовала углубленного изучения зависимости качества воды от развития альгофлоры и высшей водной растительности. Установлено, что в Кучурганском водохранилище создалось несколько зон, различающихся по температуре, солёности воды и биологической продуктивности альгофлоры. Создалась реальная угроза "цветения" воды синезелеными и динофитовыми водорослями, а зарастание подводной растительности приводило к нарушению циркуляции воды и изменению теплообмена. В результате этого, а также из-за развития водорослей и высших водных растений, Молдавская ГРЭС терпела ежегодно значительные убытки. Предложенные нами способы борьбы с зарастанием Кучурганского водохранилища высшими водными растениями, а также по снижению минерализации воды в нём и внедренные МГРЭС, дают экономический эффект около 200 тысяч рублей в год (см. акты о внедрении). Изучены особенности "цветения", его динамика, основные виды возбудители "цветения" воды, их реакция на химические препараты, которые можно использовать в качестве альгицидов и альгоингибиторов. Выявлены оптимальные дозы сульфата меди, с помощью которых можно предупредить "цветение" воды. Установлены способы прогнозирования "цветения", его предупреждения. В результате в последние 10 лет в Кучурганском водохранилище удавалось своевременно принимать необходимые меры (экономически очень целесообразные), которые дали возможность избежать "цветения" воды (см. акт о внедрении). Проведение полевых наблюдений за развитием фитопланктона и его первичной продуктивности привело к созданию новой методики опытов по изучению биологической продуктивности водорослей. Доказано, что исследование в соответствии с общепринятой методикой первичной продукции даёт весьма неточные результаты, если в со-ответствии с этой методикой брать суточные или даже 2-3 суточные экспозиции. Предложенная нами методика постановки опытов в кратковремен-

ных экспозициях позволила выявить ряд интересных особенностей в суточной динамике фотосинтеза водорослей. Это дало нам возможность вносить ряд существенных поправок в методику определения первичной продукции водных экосистем. Оказалось, что в суточной динамике фотосинтеза водорослей наблюдаются два пика: с 10 до 12 часов и с 14 до 16. Минимальный фотосинтез совпадает с максимальной солнечной инсоляцией. Это необходимо учитывать при определении первичной продукции в кратковременных экспозициях (см. Шаларь и Унтура, 1975).

Альгофлора Дубоссарского, Днестровского, Костештского, малых водохранилищ Молдавии изучали в связи с проблемами их рыбо-хозяйственного освоения, а также в целях водоснабжения. Качественно во всех водохранилищах Молдавии доминируют хлорококковые, диатомовые и эвгленовые водоросли, но количественно часто господствуют синезеленые и иногда эвгленовые, вольвоксовые и другие группы водорослей. Установлено, что качественный состав фитопланктона и фитобентоса в водохранилищах зависит от его состава в реках, а также морфометрических и гидрологических условий, степени хозяйственного использования этих водоёмов. В проточно-русловых водохранилищах, какими являются Дубоссарское, Днестровское, Костештское, а из малых водохранилищ -Лазовское, на протяжении всего вегетационного периода фитопланктон носит потамофильный характер и состоит преимущественно из диатомовых и хлорококковых водорослей. В приплотинных участках этих водохранилищ, где глубина максимальная и течение незначительное, происходит массовая вегетация синезеленых, динофитных водорослей, а из диатомовых видов -мелозиры. Установлено, что не одни и те же виды достигаютмаксимальной численности ежегодно. По мере уменьшения проточности воды в планктоне водохранилищ возрастает значение эупланктонных лимнофильных видов и снижается развитие донно-планктонных и донных водорослей. В участках с замедленным течением происходит "цветение" воды синезелеными водорослями. Из наших наблюдений вытекают некоторые выводы относительно подбора участков под русла крупных и малых водохранилищ, необходимых их параметров, одним из существенных из которых является частота водообмена. Если этот показатель выше десяти раз в год, то "цветения", как правило, не наблюдается, если он меньше (один водообмен совершается за 25 и более суток), то в таких водохранилищах может иметь место "цветение" воды. Этот критерий был использован нами при прогнозировании системы водохранилищ, сооружаемых и проектируемых в бассейне реки Тисы для предупреждения катастрофических паводков. Эта работа была выполнена по заказу Всесоюзного института "Гидропроект" г.Москвы, а предложенный нами прогноз изменения водных экосистем на р.Тиссе в связи с гидростроительством был опубликован в виде брошюры и передан

всем филиалам этого института. Малые водохранилища, сооруженные на пересыхающих летом реках, как Комратское, Конгазское, Кишкаренское отличаются высокими количественными и низкими качественными показателями развития фитопланктона. В водохранилищах Лазовском, Ульменском, Резенском и др., в составе фитопланктона всегда присуствует 110-250 видов водорослей. В Ботненских (на р.Ботна) водохранилищах выявлено более 200 видов водорослей: в „Ульменском– 255, в Костештском – 211, в Резенском -251 вид виуиридовои таксон бодорослей. Доминируют хлорококковые, диатомовые, эвгленофитовые, синезеленые водоросли. Установлены доминирующие комплексы для видов каждого из указанных водохранилищ. Синезеленые по числу видов занимают только четвертое место в фитопланктоне, однако многие из синезеленых достигают стадии цветения воды. Водохранилища на реке Чулук отличаются более бедным в таксономическом отношении планктоном. В Кишкаренском водохранилище, например, выявлено всего около 100 видов водорослей с явным преобладанием среди них лимнофильных видов синезелёных, диатомовых, хлорококковых. Но количественное развитие некоторых из этих видов характеризуется высокими показателями. На протяжении летних месяцев доминируют синезеленые (до 98% численности и биомассы), зимой – вольвоксовые, весной хлорококковые, осенью– синезеленые и хлорококковые. При этом максимальную численность достигают 1-2 вида, чаще синезелёных. Гидигичское водохранилище, сооруженное на р. Бык, отличается богатым планктоном, включающим около 330 видов водорослей, среди которых доминируют хлорококковые. Численно же весной доминируют синезеленые + хлорококковые, летом синезеленые, осенью -хлорококковые.Малые водохранилища на юге Молдавии – Комратское, Конгазское, сооруженные на реке Ялпуг, отличаются высокой минерализацией воды, доходящей до 3-5 г/л. Фитопланктон в них бедный. В Комратском выявлен 71 таксон водорослей, среди которых доминируют хлорококковые и эвгленовые. Развитие фитопланктона по годам отличается неустойчивым видовым составом. Здесь нередко происходит "цветение" воды синезелеными водорослями, достигающими в отдельные годы численности больше 1,3 млрд клеток/л. Этому в особенности способствует жаркое и засушливое лето. В Конгазском водохранилище состав фитопланктона приблизительно такой же, как в Комратском. Численность синезелёных водорослей в течение сезона держится на еще более высоком уровне. В прибрежной зоне этих водохранилищ происходит массовое развитие зеленых нитчатых водорослей. Альгофлора прудов Молдавии изучалась в основном, в связи с рыбохозяйственным освоением и техническим водоснабжением. Насчитывается в Молдавии около 2-х тысяч прудов. Всего в фитопланктоне прудов обнаружено около 600 таксонов водорослей, в том числе в прудах юга Молдавии ~ 227 таксонов, в

центральной части Молдавии – 280 таксонов, в северной части – около 260 таксонов. В южной части Молдавии было изучено более 30 прудов. Доминирующими оказались хлорококковые водоросли (86 таксонов), диатомовые (49 таксонов) и синезеленые (42 таксона). Летом вегетируют преимущественно синезеленые и эвгленовые, зимой (даже подо льдом) – диатомовые и хлорококковые. В прудах центральной части Молдавии в фитопланктоне доминируют хлорококковые + вольвоксовые + эвгленовые, а также сине-зеленые водоросли. По количественному развитию фитопланктона мы выделяем три группы прудов: I). Пруды,). В которых летом происходит непрерывное "цветение" воды синезелеными водорослями, численность достирает 40-70 млрд клеток/л, биомасса до 5 кг/м; 2). Пруды, в которых развитие синезелёных водорослей непревышает 50 млн клеток/л и значительную роль играют хлорококковые и эвгленовые водоросли; Пруды, в которых обычно не наблюдается "цветение "воды синезелеными водорослями при интенсивном развитии эвглено-вых, хлорококковых и диатомовых водорослей. Выделение указанныхгрупп прудов имеет значение для разработки мероприятий по интенсификации выращивания прудовой рыбы в них, в особенности удобрения прудов, а также для рационального вселения растительноядных видов рыб. Таким образом, в водохранилищах на крупных реках развитие фитопланктона характеризуется рядом специфических особенностей. В частности, нами впервые выделены три стадии в динамике формирования фитопланктонных сообществ в водохранилищах, созданных на крупных реках. Это положение широко используется гидробиологами при составлении прогнозов изменений водных экосистем на зарегулированных участках крупных рек (см. "Водохранилища мира", 1978). Одно из главных особенностей водохранилищ – это массовое развитие в них синезеленых водорослей, оказывающее резко отрицательное влияние на санитарно– питьевые, технические и биологические качества воды в них. Изучение факторов, обуславливающих развитие этих водорослей, а также их биологию и экологические особенности, позволило разработать эффективные методы предотвращения явления "цветения" воды (авт.сви-дет.№244794). Внедрение этого метода на МГРЭС даёт экономию в 156 тысяч рублей в год. Малые водохранилища, а также пруды характеризуются особенностями динамики развития планктонных водорослей. Следует подчеркнутъ что эта група водоёмов Молдавии наеболее подробно изучена. Нами обнаружена интересная зависимость интенсивности развития вольво-ксовых, эвгленовых, хлорококковых и диатомовых водорослей от концентрации в воде прудов и малых водохранилищ органических веществ. В реке Днестр выделены три участка, отличающиеся по составу и продуктивности фитопланктона. Верхний участок – от истоков до г. Каменки выявлено около 160 видов водорослей, среди которых диатомовых -54, хлорококковых

-72, синезеленых -11. Около г. Залещики численность фитопланктона достигает 92,7 млн. клеток /л, при преобладании диатомовых и хлорококковых водорослей. Биомасса достигает 59– 104 г/м3. У г. Каменки численность фитопланктона достигает 2,3– 7,2 млн клеток/л, биомасса – 1,4– 9,6 г/м3. При среднем расходе воды 300 м3/сек ежегодный планктоносток верхнего Днестра составляет 13,5 тысяч тонн сырой массы, в том числе диатомовых -8,2 тыс.т., хлорококковых – 4,2 тыс. тонн. Это примерно в 50 раз превышает сток зоопланктона. Из этих данных вытекает, что верхнее течение Днестра играет существенную роль в биопродуктивности Днестровского и Дубоссарского водохранилищ. Большинство видов речных фитопланктеров продолжает вегетировать и в условиях водохранилищ, однако численно здесь доминируют не диатомовые, а хлорококковые, пирофитовые и синезеленые водоросли, а также некоторые формы лимнофильных диатомовых. Альгофлора и её продуктивность в реке Прут исследована менее полно. Всего здесь выявлено 314 видов и разновидностей водорослей, в том числе диатомовых – 124, хлорококковых – 88, эвгленовых – 39, синезеленых – 31. Количественно на протяжении года доминируют диатомовые водоросли. После сооружения Костештского водохранилища и затопления огромной территории, начались вспышки "цветения" воды синезелеными водорослями. В первые годы становления в Костештском водохранилище "цветение" продолжалось на протяжении всего вегетационного сезона. В последуюшие года этот процесс постепена угас в связи с тем, что уровень воды в нем резко колеблетсе и водоем стал полупроточным, с интенсивным водообменом. Биомасса фитопланктона р. Прут по течению реки изменяется незначительно. Около пгт. Липканы численность достигает 1,1 млн клеток/л с биомассой 4,3 г/м3. Несколько выше эти показатели в нижнем течении реки. На участке Леово – Кагул численность колебалась от 1,7 до 4,6 млн клеток/л, а биомасса – от 0,7 до 1,1 г/ м3.

Таким образом, проведение исследования потаксона мичесткой структуре олигофлоры по динамике развитие массовых видов, по взятию экономических факторов, на интенсивность развития этих водорослей по экологии физиологическим особенностям и биохимическому составу биомассы позволили отселектировать ряд штаммов, которые подтверждены патентами и которые переустановленный большой интерес для самых различных отраслей народного хозяева. Отселектированые нами штаммы как *Spirulina platensis, Dunaliella salina, Scenedesmus acutus, Nostoc linkia f. muscorum, N. gelatinosum, Phormidium foveolarum, Cylindrospermum.* Уже приминяются в качестве биологических стимуляторов продуктивности животных и растений в качестве средств получения биологически активных веществ, обогащения почвы азотом, в качестве агентов биологической очистки сточных вод и др.