

УДК 574.632.017

**Т.В. ПАРШИКОВА<sup>1</sup>, Е.В. ПАЦКО<sup>1</sup>, Л.А. СИРЕНКО<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Киевский национальный ун-т им. Т. Шевченко,

01017 Киев, ул. Владимирская, 60, Украина

<sup>2</sup> Ин-т гидробиологии НАН Украины,

04210 Киев, просп. Героев Сталинграда, 12, Украина

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ЭВТРОФНЫХ ВОД  
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

Приведен обзор данных, касающихся дополнительных ресурсов основных биогенных элементов и природных биологически активных органических соединений, важных для урожайности сельскохозяйственных растений и поддержания плодородия почв. Сделан вывод, что для этой цели могут быть использованы обогащенные биогенными элементами придонные слои воды и биомасса водорослей эвтрофных водоемов. Приведены примеры практической реализации подобных задач как экологически целесообразного приема уменьшения отрицательных последствий антропогенного пресса на водные объекты и пополнения в почве определенных запасов биогенных элементов.

*Ключевые слова:* эвтрофирование водных объектов, "цветение" воды, водоросли-азотфиксаторы, биологические удобрения, альгализация почв.

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных растений тесно связано с плодородием почв, качеством и количеством внесенных удобрений. Возможности использования последних за счет сравнительно легко добываемых и доступных по стоимости природных запасов азотных, калийных, фосфорных и других видов удобрений в значительной мере уже исчерпаны. Поэтому все чаще решение проблемы удобрений в условиях их дефицита и высокой стоимости сопровождается поиском полноценных их заменителей либо уменьшением нормативов вносимых удобрений. При этом часто не учитывают тот факт, что в процессе интенсивного использования почва также существенно изменяется, что не гарантирует получения высоких урожаев в будущем даже при благоприятных метеорологических условиях. Это обусловлено рядом причин: существенным выносом в водные объекты поверхностным стоком с полей и водосборов основных биогенных элементов (Бондаренко и др., 1976), падением содержания гумуса и других важных органических соединений в почвах, декальцинацией последних и другими факторами. В результате усиливается подкисление почвенного раствора, повышается подвижность питательных компонентов и их вымывание, происходит нарушение структуры и распыление почвенных частиц, изменение водного режима, усиление потерь плодородного пахотного горизонта за счет смыва, ветрового переноса и т.д. Отмеченные процессы способствуют не только дефициту основных элементов питания растений, но и несбалансированности их соотношения (Денисова, 1979). Так, например, по подсчетам ученых (Мишустин,

© Т.В. Паршикова, Е.В. Пацко, Л.А. Сиренко, 2007

Шильникова, 1968), уже в 70-е годы прошлого века вместе с сельскохозяйственной продукцией ежегодно из почвы земного шара выносилось около 100 млн т азота. Внесение минеральных удобрений компенсировало лишь 12 млн т, т.е. примерно 1/10 потребности. В связи с этим поиск новых резервов сравнительно доступных азотсодержащих, фосфорных, калийных удобрений, как и других необходимых питательных веществ для растений, с каждым годом становится все более актуальным.

Для повышения продуктивности пахотных земель и восстановления почвенного плодородия ищут не только новые источники полноценных минеральных и органических удобрений, но и пути эффективных и экологически безопасных индустриальных способов их получения. В первую очередь изучается потенциал не только фиксирующих атмосферный азот микроорганизмов, но и фотосинтетических утилизаторов солнечной энергии как первичных создателей природных органических соединений гидросферы.

Согласно литературным данным (Брагинский и др., 1968; Семин, 2001), такими источниками могут быть водные объекты, ежегодно принимающие в колоссальных объемах сточные воды городов и промышленных центров, атмосферные осадки, смывы с прилегающих территорий водосбора (Экология ..., 2000; Антропогенные ..., 2005). При отсутствии в сбрасываемых стоках токсических факторов это способствует развитию водорослей, вызывающих "цветение воды".

Для сохранения надлежащего качества природных вод и нормального экологического состояния водоемов серьезное внимание необходимо уделить очистке сбрасываемых сточных вод, которые загрязняют водные объекты детергентами, тяжелыми металлами, разнообразными химическими веществами неорганической и органической природы (Лопатин и др., 2000). Это сложный и дорогостоящий биотехнологический процесс, решением задач которого занимаются все развитые страны. Однако многие проблемы в этой области еще ждут своего решения и материально-технических возможностей. Более того, используемые в практике технологии в большинстве случаев не в состоянии вернуть воде ее первоначальную чистоту.

Существенную роль в процессе самоочищения водных масс могут сыграть водоросли и высшие водные растения. Оценивая современные успехи управляемого культивирования различных представителей альгофлоры (Тренкеншу, 2005), как способных к азотфиксации, так и нефиксирующих свободный азот, но накапливающих в клетках большой набор микро- и макроэлементов, необходимо уделить больше внимания оптимизации состава природных вод, используемых для полива сельскохозяйственных растений, в первую очередь в зонах орошаемого земледелия. Здесь имеются большие резервы для земледелия в плане пополнения запасов биогенных элементов за счет жизнедеятельности водорослей и создаваемой ими биомассы-концентраатора большого количества микро- и макроэлементов. Особенно остро стоит вопрос существенного ухудшения качества воды и снижения полезной продуктивности водных экосистем в результате гипертрофирования и токсического загрязнения водных объектов (Kohl, Nicklisch, 1988; Дмитриева и др., 2002).

Даже в таком гигантском пресноводном резервуаре чистой воды, как оз. Байкал, в результате поступления в него биогенных элементов (до 60 % наличия в

системе) или гипотетического токсиканта, вызывающего гибель до 50 % фитопланктона и до 90 % зоопланктона, наблюдается переход экосистемы в новое стационарное состояние после продолжительных затухающих колебаний биомассы компонентов (Зилов, 2004).

Однако при поступлении в озеро биогенных элементов свыше 70 % наличия их в системе или токсиканта, вызывающего гибель 50 % фитопланктона, происходит отмирание формирующих водную экосистему организмов (Проблемы..., 2005).

В результате химизации сельского хозяйства, интенсивного использования водных ресурсов в быту и различных отраслях производства в водных объектах значительно увеличивается запас азота, фосфора, других минеральных элементов и их соединений (Брагинский и др., 1968; Сиренко, Гавриленко, 1978; Правдивая, 1986; Сиренко, Козицкая, 1988). Это обуславливает не только процессы повышения уровня трофности, но и приводит к гипертрофикации водных объектов, загрязнению природных вод с ухудшением их качества и, в конечном итоге, к деградации всей экосистемы (Семин, 2001; Зилов, 2004).

Подсчитано (Бондаренко и др., 1976; Сиренко, Гавриленко, 1978), что вынос минеральных удобрений в растворимом состоянии в водные объекты может составлять для азота до 10-50 % его количества, внесенного на поля, вынос калия – 10-15 %, фосфора – 2 %. Поступающие биогенные элементы в достаточно высокой концентрации накапливаются в придонных слоях воды и донных отложениях в связи с процессами седиментации органических и минеральных взвесей, их разложения в условиях дефицита кислорода (Поликарпов и др., 2004).

В результате неумеренного обогащения водоемов питательными веществами происходит массовое развитие микроскопических водорослей, в т. ч. азотфиксаторов (представителей родов *Anabaena*, *Aphanizomenon* и др.). Это явление характерно для пресных и морских водоемов, обуславливая существенное ухудшение их санитарно-биологического состояния и качества воды за счет биологического и химического загрязнения, а также формирования ее токсичности (Токсины, 1977).

Известно (Брагинский и др., 1968), что за вегетационный период в каскаде водохранилищ Днепра только синезеленые водоросли могут аккумулировать до  $8,5 \cdot 10^{15}$  ккал солнечной энергии в синтезируемом ими органическом веществе. Это происходит в результате наличия в водных объектах значительных резервов активно фотосинтезирующего хлорофилла. Как видно из рис. 1, 2, кривые его горизонтального и вертикального распределения в летний период на станциях одного из наибольших водохранилищ днепровского каскада – Кременчугского, свидетельствуют о достаточно высокой концентрации хлорофилла и его фотохимической активности. При содействии специалистов Ин-та биофизики РАН (А.Д. Апонасенко и Н.А. Франка) экспериментальные данные об особенностях распределения водорослей в водной толще были получены путем определения концентрации хлорофилла методом флуорометрического анализа и при непрерывном автоматизированном измерении его содержания специальными оптическими приборами.

Рис. 1. Горизонтальное распределение концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое воды нижнего участка Киевского водохранилища в зависимости от метеорологических условий: А – штиль; Б – легкий бриз; В – усиление ветра.

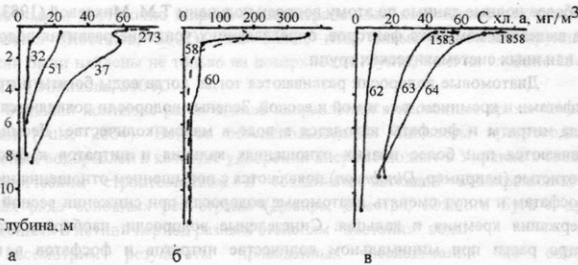
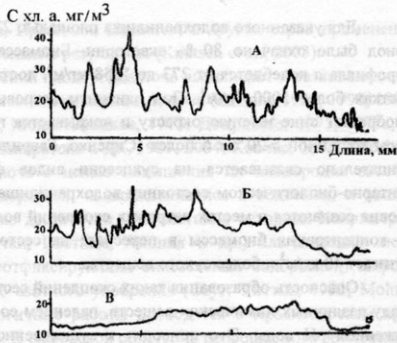
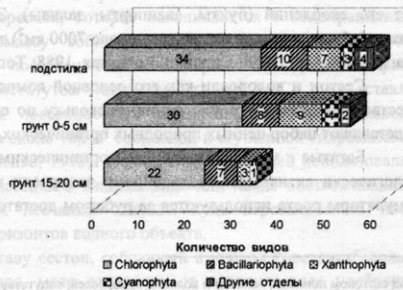


Рис. 2. Вертикальное распределение концентрации хлорофилла *a* в водной толще Кременчугского водохранилища в разные часы суток при штилевой погоде. а – легкий бриз с последующим усилением ветра, б – штиль, в – усиление ветра и течения по мере приближения к ГЭС.

Рис. 3. Систематическая структура фотосинтезирующих водорослей в подстилке и на разной глубине грунта (Винникова, 2004).



Для указанного водохранилища площадью 2250 км<sup>2</sup> "цветением" в летний период было охвачено 80 % акватории. Биомасса водорослей по показателю хлорофилла *a* колеблется от 273 до 1858 мг/м<sup>3</sup>, достигая в заливах и прибрежных участках более 5000 мг/м<sup>3</sup>. Под влиянием ветровых сгонов поверхность воды приобретает сине-зеленую окраску и покрывается густой пленкой водорослевой массы толщиной 5-20 см и более (Сиренко, Гавриленко, 1978). Естественно, это отрицательно сказывается на сукцессии видов фитопланктона, а также на санитарно-биологическом состоянии водохранилища. Особенно неблагоприятные условия создаются в местах ветровых скоплений водорослей – в бухтах, заливах, где концентрация биомассы в пересчете на сестон\* (Методические ..., 1980) достигает 40 кг/м<sup>3</sup> и более сухого вещества.

Опасность образования таких скоплений сестона обусловлена попаданием в воду различных химических веществ, падением содержания кислорода до нуля, снижением рН воды. Это приводит к существенному ухудшению ее качества, возникновению локальных заморов и гибели рыбы, прежде всего молоди.

Заслуживают внимания и вопросы сукцессии видов в фитопланктоне. Наиболее полные данные по этому вопросу получены Т.М. Михеевой (1983, 1999). Она выделила комплекс факторов, определяющих усиление развития водорослей тех или иных систематических групп.

Диатомовые водоросли развиваются тогда, когда воды богаты нитратами, фосфатами и кремнием, т.е. зимой и весной. Зеленые водоросли появляются летом, когда нитраты и фосфаты находятся в воде в малом количестве. Десмидиевые развиваются при более низких отношениях кальция и нитратов к фосфатам. Золотистые (например, *Dinobryon*) появляются с повышением отношения нитратов к фосфатам и могут сменять диатомовые водоросли при снижении весной в воде содержания кремния и кальция. Синезеленые водоросли, наоборот, способны быстро расти при минимальном количестве нитратов и фосфатов в воде и положительно коррелируют с содержанием органических веществ.

Основную роль в определении показателей химического состава сестона играют синезеленые водоросли – возбудители "цветения" воды – как основной компонент фитопланктона в период наиболее существенного его развития.

Одним из методов локального улучшения санитарно-биологической ситуации в водоеме, а также частичного уменьшения запаса биогенных элементов и органического вещества в водных объектах может быть удаление сестона из мест его скоплений (бухты, аванпорты, заливы). Эти участки в днепровском каскаде (общая площадь последнего около 7000 км<sup>2</sup>) занимают до 7-8 % акватории (Брагинский и др., 1968; Сиренко, Козицкая, 1988; Топачевский и др., 1989).

Сестон и водоросли как его основной компонент можно использовать в качестве биологического удобрения, поскольку по своему химическому составу представляют набор ценных природных органических соединений.

Богатые минеральными и органическими веществами, а также биологически активными соединениями водоросли как удобрение и природные стимуляторы роста используются за рубежом достаточно давно (Штина, 1991). В

\* Под сестоном понимают клетки и колонии водорослей, сопутствующие им микроорганизмы, мертвое органическое вещество, находящееся во взвешенном состоянии в воде.

приморских районах Франции, Ирландии, Норвегии и других стран применение таких удобрений дает положительные результаты (Knutsen et al., 2003).

Важную роль в улучшении плодородия почв выполняют и развивающиеся в них водоросли как обязательная составляющая ценоза (Штина, 1959, 1990, 1991, 1996; Панкратова, 1972, 1981; Монастырецкая, 1973; Домрачева, 1975, 1977а, б, 1998; Домрачева и др., 1985; Панкратова и др., 1989, 2004; Ковина, 2001; Костиков та ін., 2001). Альгализация почв с целью повышения их плодородия за счет использования биомассы водорослей, накапливающейся в водоемах, и живых культур водорослей имеет свою достаточно многолетнюю историю. Например, в зоне рисосейяния (Индия, Китай, Вьетнам, Япония и др.) альгализацию почв (внесение живой культуры азотфиксирующих синезеленых водорослей) широко используют в качестве живого азотного удобрения (Саут, Уиттик, 1990; Molnar, Ordog, 2003). В России аналогичные работы проводятся в Краснодарском крае (зона орошаемого земледелия). В Кировской обл. (зона неорошаемого земледелия) большой комплекс работ успешно выполняется в течение многих лет (Штина, 1959, 1990, 1991, 1996). Это вполне естественно, поскольку водоросли являются повсеместным и достаточно широко распространенным компонентом почвенных алгоценозов (Костиков, 2001), тем более, что живые фотосинтезирующие водоросли были найдены не только на поверхности грунта, но и на глубине 15-20 см (рис. 3) (Віннікова, 2004).

Большой комплекс работ в этом направлении в настоящее время начат в Германии (Pulz, 2004). Вопрос об использовании биомассы пресноводных синезеленых водорослей в качестве удобрений впервые поднят в Украине в связи с гидротехническим строительством и созданием каскадов водохранилищ в бассейнах ряда основных рек страны (Днепра, Днестра, Южного Буга и др.), подверженных в летний период разным степеням "цветения" воды.

Рассмотрим результаты проведенных исследований по оценке эффективности использования природных запасов водорослей в качестве дополнительного резерва удобрений под различные сельскохозяйственные растения. Большой комплекс работ первоначально был выполнен на зерновых культурах и почвах (Метейко, 1968; Монастырецкая, 1973), а несколько позже — на овощных растениях (Методические, 1980).

На первых этапах исследований проведено сравнение химического состава различных видов удобрений, традиционно используемых в сельском хозяйстве, с биомассой водорослей, которая накапливается в водохранилищах днепровского каскада. Биомассу собирали специализированным плавучим агрегатом. Последний был построен Главным управлением речного флота Украины в содружестве с Институтом гидромеханики АН УССР и представлял собой самоходный сборщик поверхностных скоплений сестона. Производительность агрегата составляла около 100 м<sup>3</sup> собранной и сгущенной гидромассы за час работы (Сиренко, Гавриленко, 1978). Гидромасса водорослей использовалась для внесения в почву под растения в жидком виде или после обезвоживания и подсушивания на береговых песчаных откосах, куда перекачивалась после удаления с поверхностных горизонтов водного объекта.

По химическому составу сестон, собранный в период "цветения" воды в каскаде водохранилищ Днепра, мало отличался от традиционных удобрений, используемых в сельском хозяйстве, а в ряде случаев даже превосходил их по

содержанию тех или иных компонентов (органическое вещество, азот, фосфор и др.) (Методические ..., 1980).

Общие запасы водорослевой биомассы в каскаде водохранилищ Днепра в летний период (по данным аэрофотосъемки) были достаточно существенными. Подсчитано, что разовые запасы сестона в зонах "цветения" в августе среднего по "урожайности" года водохранилищ Днепра составляли до 216 тыс. т сухой или более 2 млн т сырой биомассы (Сиренко, Гавриленко, 1978; Методические, 1980; Правдивая, 1986).

Без ущерба для внутриводоемных процессов, обеспечивающих их продуктивность (в т.ч. рыбопродуктивность), допускается двукратный сбор такого "урожа", т.е. примерно (по расчетам проф. Я.Я. Цееба) 400 тыс. т сухой или более 4 млн т сырой биомассы сестона, содержащей 7-8 % азота (Методические ..., 1980; Растительность ..., 1989).

Запасы сестона, химический состав представленных в нем компонентов послужили основанием для определения биологической ценности водорослевой массы в качестве удобрения под различные сельскохозяйственные культуры.

Работы проводились в лабораторных условиях, а также в поле на зерновых и овощных растениях. Исследовали рост и развитие растений, их урожайность, химический состав получаемой биомассы, а также изменения, происходящие в почве (Метейко, 1968; Монастырецкая, 1973; Методические ..., 1980; Правдивая, 1986).

Проведение комплекса полевых работ на площади свыше 2000 га в Черкасской обл. (1982-1985 гг.) дало экономический эффект около 1 млн руб. с учетом экономии затрат на очистные сооружения за счет изъятия вместе с сестоном биогенных элементов и улучшения качества воды (Сиренко, Гавриленко, 1978; Методические, 1980; Сиренко, Козицкая, 1988; Таран и др., 1989).

Использование сестона в качестве удобрений положительно влияло не только на урожайность (табл. 1), но и на химический состав биомассы (табл. 2). У сельскохозяйственных растений, выросших на участках с внесением водорослевой массы в почву, отмечены изменения в динамике накопления моносахаров, сахарозы, что было связано с темпами их развития и повышением урожайности, улучшением качества продукции, а также в определенной мере с компенсацией дефицита необходимых питательных элементов. Особенно отзывчивы на использование сестона в качестве удобрений овощные растения (томаты, капуста, по сравнению с зерновыми). У них повышалась не только урожайность, но и улучшалось качество получаемой продукции.

Таблица 1. Влияние сестона на урожай томатов  
(Метейко, 1968; Методические ..., 1980; Правдивая, 1986)

Вариант опыта	Урожайность томатов		
	ц / га	% к контролю	% к аммиачной воде
Контроль	229,5	100	
Аммиачная вода	240,9	105	100
Жидкий сестон	324,5	141	136



Таблица 2. Влияние сестона на урожай и качество продукции (Метейко, 1968; Методические..., 1980; Правдивая, 1986; Таран и др., 1989)

Вариант	Прибавка урожая, ц / га	Урожай		Витамин С, мг %	Сумма сахаров, %	Общая кислот- ность, %	Каротин, мг %
		ц / га	% к контролю				
Томаты							
Контроль		358 ± 8,9	100	22,2	3,1	0,60	3,4
Сухой сестон 3,5 т/га	63	421 ± 4,6	118	25,3	3,7	0,69	5,8
7,0 т/га	108	466 ± 5,3	130	28,9	3,8	0,76	6,6
Капуста							
Контроль		344 ± 3,3		31,2	6,6	0,22	-
Сухой сестон 3,5 т/га	147	491 ± 2,7	143	38,5	9,8	0,20	-
7,0 т/га	172	516 ± 3,1	150	41,7	16,4	0,20	-

### Заключение

Накопленные к настоящему времени данные помогают определить способы получения дополнительных резервов удобрений для почв, а также улучшения экологического состояния водоемов и качества воды. Одновременно значительно расширяются возможности проведения альгализации почв живыми культурами фотосинтезирующих и азотфиксирующих микроорганизмов, а также поддержания жизнедеятельности микроскопических водорослей как важнейшего фотосинтезирующего компонента почвенных экосистем.

Особую перспективу имеет использование альгализации почв в условиях орошаемого земледелия (Штина, 1959, 1987, 1990, 1991а, 1996). В этом направлении значительный интерес представляют не только придонные слои воды, но и взвешенный в воде сестон, а также массовые культуры микроводорослей, специально подобранных для альгализации почв, организмы фитобентоса, развивающиеся на иловых отложениях как возможный дополнительный источник минеральных элементов, органических соединений и биологически активных веществ в сельскохозяйственном производстве.

Об обогащении придонных слоев воды биогенными элементами, в большей мере, чем поверхностных, знали давно (Денисова, 1979). Однако о том, что даже придонные слои Черного моря вследствие обогащения биогенными элементами представляют значительную перспективу для массового культивирования водорослей и марикультуры, заговорили только в последние годы (Поликарпов и др., 2004).

Обобщение имеющихся данных позволяет говорить и о новых и важных аспектах использования биогенных веществ, аккумулированных в биомассе водорослей высокотрофных водных объектов как способе рационального использования избыточной первичной продукции водных экосистем в сельском хозяйстве. Благодаря успехам индустриализации фотосинтеза на основе микро-



скопических водорослей (Pulz, 2004) открываются широкие возможности пополнения запасов органического вещества и биологически активных компонентов почв в результате их альгализации живыми культурами фотосинтезирующих и фиксирующих атмосферный азот водорослей, в первую очередь для поддержания и сохранения почвенного плодородия и повышения урожайности сельскохозяйственных растений.

T.V. Parshikova<sup>1</sup>, E.V. Patsko<sup>1</sup>, L.A. Sirenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Taras Shevchenko National University, Kyiv  
60, Volodymyrska St., 01017 Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Hydrobiology National Academy of Sciences of Ukraine,  
12, Geroviv Stalingrada Prosp., 04210 Kyiv, Ukraine

#### USING OF MICROSCOPIC ALGAE FOR MAINTENANCE OF SOILS FERTILITY AND INCREASING OF CROP CAPACITY OF AGRICULTURAL PLANTS

There are considered questions of search of additional reserves of basic biogenic elements and natural biologically active organic compounds, which are important for forming the crop capacity of agricultural plants and maintenance of soils fertility. As one of such reserves may be using of water layers and production of algae from high-trophic water objects, which are enriched by biogenic elements. There are presented examples of realization of such problems as ecologically safe using of technical possibilities of man in circulation of matter and energy with aim of its optimization under conditions of anthropogenic press on water objects and receiving of reserves of natural fertilizers.

*Key words:* water objects, algae production, biological fertilizers, algalization of soils.

*Антропогенные влияния на водные экосистемы:* Мат. конф., посвященной 100-летию со дня рождения проф. Н.С. Строганова – М., 2005. – 157 с.

*Брагинский Л.П., Береза В.Д., Величко И.М. и др.* Пятна "цветения", нагонные массы, выбросы синезеленых водорослей и происходящие в них биологические процессы // "Цветение" воды. – Киев: Наук. думка, 1968. – С. 92-149.

*Бондаренко Л.М., Иванов М.С., Коваль Ю.Д. и др.* Источники поступления и масштабы возможного выноса биогенных элементов в водные объекты // Формирование и контроль качества поверхностных вод. – Киев, 1976. – Вып. 3. – С. 88-95.

*Винникова О.І.* Грунтові міксоцети і водорості лісових насаджень у південній частині східного лісостепу України: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – К., 2004. – 20 с.

*Денисова А.И.* Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. – Киев: Наук. думка, 1979. – 282 с.

*Дмитриева А.Г., Кожанова О.Н., Дронина Н.Л.* Физиология растительных организмов и роль металлов. – М.: Изд-во МГУ, 2002, 160с.

*Домрачева Л.И.* Динамика развития водорослей в дерново-подзолистой почве при ежесуточном определении // Закономерности развития почвенных микроорганизмов. – Л., 1975. – С. 38-52.

*Домрачева Л.И.* Изучение пространственного распределения водорослей в почве // Бот. журн. – 1977а. – 62, № 12. – С. 1748-1753.

*Домрачева Л.И.* Пространственное распределение почвенных водорослей // Развитие и значение водорослей в почвах Нечерноземной зоны. – Пермь, 1977б. – С. 13-16.

- Домрачева Л.И., Штина Э.А. Структура группировок водорослей при "цветении" почвы // Бот. журн. – 1985. – 70, № 2. – С. 180-187.
- Домрачева Л.И. "Цветение" почвы в агроэкосистемах и закономерности его развития: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1998. – 46 с.
- Зилов Е.А. Экологическое моделирование в оценке функционирования водных экосистем в условиях антропогенной нагрузки (на примере оз. Байкал): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2004. – 44 с.
- Ковина А.Л. Микробные агроконсорциумы на основе цианобактерий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2001. – 23 с.
- Костиков И.Ю., Романенко П.О., Демченко Е.М. и др. Водоросли ґрунтів України (Історія та методи дослідження, система, конспект флори). – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 299 с.
- Лопатин В.Н., Анонасенко А.Д., Щур Л.А. Биофизические основы оценки состояния водных экосистем (теория, аппаратура, методы, исследования). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 353 с.
- Методические рекомендации по использованию сестона в качестве удобрений под сельскохозяйственных растений. – Киев: Наук. думка, 1980. – 38 с.
- Метейко Т.Я. Влияние синезеленых водорослей на физиолого-биохимические особенности некоторых сельскохозяйственных растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1968. – 20 с.
- Михеева Т.М. Сукцессии видов в фитопланктоне: определяющие факторы. – Минск, Изд-во БГУ, 1983. – 70 с.
- Михеева Т.М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. – Минск: Изд-во БГУ, 1999. – 396 с.
- Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. – М.: Наука, 1968. – 531 с.
- Монастыречкая Е.В. Биологическое обоснование применения синезеленых водорослей, вызывающих "цветение" воды, в качестве удобрений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1973. – 24 с.
- Панкратова Е.М. Роль синезеленых водорослей в обогащении почвы азотом // Тр. КСХИ. – Киров: КСХИ, 1972. – С. 98-106.
- Панкратова Е.М. Роль азотфиксирующих синезеленых водорослей (цианобактерий) в накоплении азота и повышении плодородия почвы: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1981. – 34 с.
- Панкратова Е.М., Домрачева Л.И., Резник Е.Н. Функционирование цианобактерий на пахотных почвах нечерноземной зоны // Почвоведение. – 1989. – № 4. – С. 75-81.
- Панкратова Е.М., Зяблых Р.Ю., Калинин А.А., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Конструирование микробных культур на основе синезеленой водоросли *Nostoc paludosum* Kütz. // Альгология. – 2004. – 14, N 4. – С. 1-14.
- Поликарпов Г.Г., Лазаренко Г.Е., Терещенко Н.Н. Биогенные свойства глубинной воды сероводородной зоны Черного моря для морских водорослей // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовой зон и комплексы использования ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭкоСи, 2004. – Вып. 10. – С. 1-14.
- Правдивая Н.П. Физиологические аспекты применения сестона как удобрения под зерновые культуры в Лесостепи УССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1986. – 16 с.
- Проблемы и перспективы реабилитации техногенных экосистем: Междунар. науч.-практ. конф. (20-24 сент. 2004 г., Астрахань). – 2005. – 252 с.
- Растительность и бактериальное население Днепра и его водоохранилищ // Л.А. Сиренко, И.Л. Корелякова, Л.Е. Михайленко и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 230 с.
- Саут Р., Уиттик А. Основы альгологии. – М.: Мир, 1990. – 595с.
- Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды. – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.
- Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. «Цветение» воды и эвтрофирование. – Киев: Наук. думка, 1998. – 256 с.

- Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. – Киев: Наук. думка, 1988. – 36 с.
- Токсины синезеленых водорослей и организм животного / Ю.А. Кирпенко, Л.А. Сиренко, В.М. Орловский, Л.Ф. Лукина. – Киев: Наук. думка, 1977. – 251 с.
- Тренкениу Р.П. Простейшие модели роста микроводорослей. I. Периодические культуры // Экол. моря. – 2005. – 67. – С. 89-97.
- Тренкениу Р.П. Простейшие модели роста микроводорослей. II. Квазинепрерывные культуры // Там же. – С. 98-110.
- Штина Э.А. Изменение флоры почвенных водорослей в севообороте (в условиях дерново-подзолистых почв) // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. биол. – 1959. – 59, № 8. – С. 1062-1074.
- Штина Э.А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Бот. журн. – 1990. – 75, № 4. – С. 341-453.
- Штина Э.А. Регулирование развития водорослей в почве // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 57-65.
- Штина Э.А. Роль водорослей в биогеоценозах суши // Альгология. – 1991. – 1, № 1. – С. 23-35.
- Штина Э.А. Водоросли как биоиндикаторы состояния почв // Окружающая природная среда Кировской обл. – Киров, 1996. – С. 172-176.
- Экология города / Ф.В. Стольберг. – Киев: Либра, 2000. – 464 с.
- Johannes-Gunter Kohl, Andreas Nicklisch Okophysiologie der Algen Wachstum und Ressourcennutzung. – Berlin: Akad. Verlag, 1988. – 253 с.
- Knutsen G., Hatfield K. et al. Screening for and isolation of medically active substances from marine Cyanobacteria and microalgae from Norwegian waters // Biotechnology of Microalgae: Abstr. of 5<sup>th</sup> Europ. Workshop. – Bergholz-Rehbrucke, Germany, 2003. – P. 50.
- Molnar Z., Ordog Y. The effect of extracellular compounds from microalgae on tissue cultures of *Nicotiana tabacum* L. and *Beta vulgaris* L. // Biotechnology of Microalgae: Abstr. of 5<sup>th</sup> Europ. Workshop. – Bergholz-Rehbrucke, Germany, 2003. – P. 26.
- Pulz O. Valuable substances from microalgae as plant growth regulators // Microalgae and Seaweed Products in Plant: Abstr. of 2<sup>nd</sup> Intern. Symp. – Mosonmagyaróvár, Hungary, 2004. – P. 5.

Получена 20.04.05

Подписала в печать Е.И. Шнюкова