

Хелле СИММ

ИНТЕГРАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЦЕЛЯХ ЗАЩИТЫ ВНУТРЕННИХ ВОД

Существенную часть ресурсов пресной воды Эстонии составляют поверхностные воды. Их значение возрастает из года в год в связи с уменьшением запасов грунтовых вод и ростом потребности в чистой воде для народного хозяйства. С интенсификацией экономики возрастает и антропогенная нагрузка на природные воды, вследствие чего защита поверхностных вод от загрязнения является актуальнейшей проблемой сегодняшнего дня.

Долгое время охрана окружающей среды главным образом ограничивалась защитой природных вод от веществ, вызывающих их первичное загрязнение (разные токсиканты, а также органическое вещество (ОВ), обилие которого ухудшает кислородный режим водоемов и водотоков). Мероприятия по борьбе против первичного загрязнения природных вод зафиксированы в государственных планах и их внедрение постепенно расширяется.

Мало внимания уделяется пока вторичному загрязнению — антропогенному эвтрофированию поверхностных вод — явлению, широко распространенному в водоемах всех хозяйственно-развитых стран. Антропогенное эвтрофирование — это повышение трофности водоемов под влиянием сильного антропогенного воздействия, причиной которого служит резкое повышение концентрации биогенных элементов (фосфора и азота) и легко минерализирующегося ОВ в водоемах и питающих их стоках.

Повышение концентрации питательных веществ в водоемах в зависимости от его уровня и скорости, а также от господствующих в водоемах природных условий может иметь как положительный, так и отрицательный эффект. Эвтрофирование водоемов происходит и в естественных условиях (т. е. без сильной антропогенной нагрузки), однако в этом случае оно протекает медленно, не нарушая равновесия в экосистеме. В естественных условиях процессы, управляющие внутрисистемным круговоротом веществ, уравновешены и обеспечивают саморегулирующую способность лимнической экосистемы. Под интенсивным воздействием человека это равновесие нарушается. Обилие биогенных элементов вызывает разрастание автотрофных водных организмов, а продукты разложения этих организмов вызывают вторичное загрязнение водоемов. Итак, происходит нарушение баланса продукционных и деструкционных процессов, которое влечет за собой существенные изменения в структуре и функционировании водных экосистем.

Антропогенное эвтрофирование водоемов наносит огромный ущерб водному хозяйству: ухудшается качество воды и часто она становится негодной к употреблению, создаются неблагоприятные условия для многих гидробионтов, в том числе и для ценных пород рыб, и под конец полностью зарастают водоемы. Вторичное загрязнение водоемов замедленного водообмена, аккумулирующих вещества, стало глобальным

явлением. Несмотря на то, что проблеме антропогенного эвтрофирования за последние десятилетия посвящены многочисленные исследования как в СССР, так и за рубежом, решение ее далеко от завершения, и она остается актуальной по сей день. Причиной этого является сложность проблемы, требующая многостороннего комплексного исследования.

В Эстонской ССР за последние десятилетия эта проблема стала чрезвычайно острой в результате быстрого развития народного хозяйства. Для обеспечения комплексности проводимых в республике исследований в 1976 г. при Отделении химических, геологических и биологических наук АН ЭССР была создана проблемная комиссия по антропогенному эвтрофированию внутренних вод. К решению проблемы привлечено 14 научных учреждений Эстонской ССР, работающих на основе комплексной программы научного исследования.

Затормозить антропогенное эвтрофирование водоемов возможно только путем восстановления экологического равновесия, поэтому исследование антропогенных изменений в водных экосистемах различного типа занимает центральное место в данной программе. Оно охватывает как озера, водохранилища и реки республики, так и заливы Балтийского моря. Отдельные исследования входят в первый тематический цикл под названием «Антропогенные изменения в водных экосистемах, распределение и степень антропогенного эвтрофирования внутренних вод Эстонии».

Комплексные экологические исследования, проведенные Институтом зоологии и ботаники АН ЭССР на многочисленных малых озерах, показывают, что за последние 10—20 лет значительно изменилось состояние водоемов. Резко повысился уровень концентрации питательных веществ в воде озер.

В 1980 г. содержание фосфатов в поверхностной воде малых озер стало выше, чем в 50—60-е годы, в 9 раз и составляло в течение вегетационного периода в среднем 10, максимально даже 200 мкг Р/л (Milius, 1982). Отсутствие фосфатов в поверхностных слоях воды наблюдалось только в незначительной части (4%) обследованных озер. Для сравнения следует сказать, что 10—20 лет тому назад, во время вегетационного периода, в воде большинства озер фосфаты совсем не были обнаружены и лишь в отдельных случаях содержание их достигало 50 мкг Р/л (Eesti järved, 1968; Simm, 1975). В воде малых озер в течение последнего десятилетия можно также отметить и повышение содержания нитратов, хотя оно из-за широкой амплитуды колебания не проявляется так ярко, как в случае фосфатов.

На увеличение концентрации биогенных элементов в воде среагировали гидробионты озер. Существенные количественные изменения наблюдаются прежде всего в динамике автотрофных водных организмов. Во многих озерах повышена продукция фитопланктона (Порк, Локк, 1979; Антропогенное воздействие..., 1980; Kõvask, Milius, 1982; Ott, 1982), вследствие чего заметно уменьшена прозрачность воды (Симм, 1977; Милиус, Кываск, 1982; Mäemets, Lokk, 1982; Ott, 1982). При разрастании водорослей в водоемах образуется неблагоприятный для большинства гидробионтов кислородный режим: в поверхностном слое фотосинтез водорослей вызывает перенасыщение кислородом, однако в нижних слоях разложение остатков водорослей обуславливает дефицит кислорода.

Однако увеличение продукции водорослей при антропогенном эвтрофировании характерно далеко не для всех озер. В лимнических условиях, неблагоприятных для развития водорослей, происходит увеличение продукции ОВ за счет продукционной деятельности погруженных макрофитов (Покровская и др., 1983). Накопление остатков водорослей и макрофитов на дне озера является главной причиной заиливания их грунтов. Вследствие влияния иловых отложений, богатых ОВ, содержа-

ние кислорода в воде водоемов уменьшается и повышается концентрация биогенных элементов.

Количественные изменения в гидрохимическом режиме и в биологической продукции водоемов вызывают качественные сдвиги в видовом составе и в доминантах водорослей и макрофитов. В гипертрофных озерах часто разрастаются протококковые или синезеленые водоросли (Антропогенное воздействие..., 1980). Продукты обмена веществ и разложения этих водорослей токсичны. Изучение макрофитов (Mäemets, 1982b) показывает, что антропогенное эвтрофирование сильно влияет на растительность мягководных озер. На изменения в водной среде быстро реагируют бактерии. При повышении трофности водоема повышается их численность (Lokk, 1982), однако это увеличение не сопровождается пропорциональным увеличением их активности (Антропогенное воздействие..., 1980). Существенные как качественные, так и количественные изменения наблюдаются в зоопланктоне и зообентосе (Антропогенное воздействие..., 1980; Mäemets, Lokk, 1982; Timm и др., 1982).

Итак, увеличение биогенной нагрузки на водоемы влечет за собой изменения не только в первой трофической цепи, но и в целом биоценозе. Биотические изменения, в свою очередь, влияют на абиотические условия водоема и в результате этих взаимосвязанных процессов за короткий срок преобразуется вся экосистема. Из анализа параметров, характеризующих нынешнее состояние экосистемы, выясняется, что за последние десятилетия в малых озерах Эстонии оно значительно ухудшилось. К настоящему времени в Эстонии типично олиготрофных озер больше не осталось, и даже водоемы, наиболее бедные питательными веществами, обнаруживают признаки антропогенного эвтрофирования (Симм, 1982b). Многие водоемы, которые в 50-ые годы были охарактеризованы как мезо- и эвтрофные, приобрели признаки гипертрофных. Сходная биогенная нагрузка оказывает на различные типы озер разное влияние. Наиболее устойчивыми здесь являются водоемы с жесткой водой, а также богатые гумусовыми веществами.

Неудовлетворительным следует признать и состояние больших озер Эстонии — Псковско-Чудского и Выртсъярв. Результаты комплексного исследования (Мяэметс и др., 1982; Mäemets, 1982a; Mäemets и др., 1982) показывают, что трофность Псковско-Чудского озера превышает оптимальный уровень. В озере ухудшаются условия для обитания ценных рыб. При дальнейшем углублении антропогенного эвтрофирования сомнительно использование в будущем Псковско-Чудского озера как источник водоснабжения Северной Эстонии и как зоны отдыха. В стадии сильного эвтрофирования находится и озеро Выртсъярв (Хаберман и др., 1982; Хаберман, 1983) вследствие увеличения стока в него нитратов и фосфатов за последние 10—30 лет (Starast, 1982).

Антропогенному эвтрофированию подвержены не только внутренние водоемы, но и Балтийское море. В соответствии с особенностями гидрологического режима наиболее быстрому эвтрофированию подвергнуты стагнирующие глубинные воды, где скапливаются органические остатки, которые при минерализации обогащают воды биогенными элементами (Järvekülg, 1982a). Быстро повышается трофность в прибрежном море, особенно в районах, куда притоки приносят питательные вещества. Заиливаются грунты, обильно развиваются фитопланктон, фитобентос и зоопланктон, а также ухудшается газовый режим (Ярвекюльг и др., 1978). Антропогенные изменения наблюдаются во многих заливах: в Таллинском, Коплиском, Хаапсалуском, Пярнуском, Курессаареском, Матсалуском и других (Орусаар, 1982; Пийрсоо, 1982; Piirsoo, 1982; Porgasaar, 1982; Попрасаар и др., 1982; Рандвеэр, 1982; Симм, 1982a; Trei, 1982; Vilbaste, 1982).

Быстрое распространение и углубление антропогенного эвтрофирования в озерах Эстонии и заливах Балтийского моря обусловлены резким увеличением нагрузки питательных веществ на водоемы в 60—70-е годы. В водах местного стока, питающих заливы и озера, к 70-м годам фосфатов стало больше, чем в 50-е годы, в 2—9 раз, а ОВ в 1,5—3 раза (Simm, 1982). Сток фосфатов увеличился главным образом за счет весеннего половодья, так как в 70-е годы наивысшая концентрация фосфатов наблюдалась именно в этот период. Кроме того, весной реки многоводны: воды весеннего половодья составляют в Эстонии в среднем 30—40, а иногда даже 80—90 % годового местного стока (Loor- mann, 1982). Поэтому весенний биогенный сток может быть выше летнего в 15 и более раз (Лойгу, 1981). В это время в котловинах озер аккумулируется огромное количество биогенных веществ, так как основной водообмен в них происходит именно в весенний период (Симм, 1982в).

Реки Эстонии во время вегетационного периода маловодны и имеют признаки антропогенного эвтрофирования. Расширение сельскохозяйственных угодий на водосборах рек, а также точечное загрязнение, приводят к повышению содержания питательных элементов в речных водах, что способствует развитию макрофитов в руслах рек (Вельнер, Лойгу, 1977). В малых реках с замедленным водообменом в летний период происходят разрастание макрофитов, а также количественные и качественные изменения в структуре фитоценоза (Velner и др., 1980). Значительно увеличивается роль свободно-плавающих растений, которые на эвтрофирующих участках рек сплошь покрывают поверхность воды, уменьшая атмосферную аэрацию. Кислородный режим реки ухудшается и в результате разложения обильных растительных остатков, скопившихся в мощных иловых отложениях (Velner и др., 1980). Кроме того, зарастание макрофитами изменяет гидрологический режим рек, вызывая летние наводнения (Вельнер и др., 1974).

Из приведенных исследований явствуют широкое распространение антропогенного эвтрофирования во внутренних водоемах Эстонии, своеобразие этого процесса в различных водных экосистемах и острая необходимость его дальнейшего углубленного изучения. Поэтому при продолжении этих исследований главное внимание уделяется выявлению закономерностей антропогенных изменений в водных экосистемах различного типа, имеющих большое общетеоретическое и практическое значение. Результаты исследований могут быть успешно использованы в целях выработки методики диагностики антропогенного эвтрофирования. Оперативные методы для этого до сих пор отсутствовали как в Советском Союзе, так и за рубежом.

Степень антропогенного эвтрофирования можно оценить по повышению уровня трофности водоема и его скорости. До сих пор в практике лимнологических исследований оценку трофности водоемов давали по совокупности качественных и количественных биотических и абиотических признаков, сопоставляя данные, характеризующие состояние водоема в настоящее время, с соответствующими данными за десятилетия. Это весьма трудоемкая методика, требующая привлечения многих ученых узких специальностей и при том не позволяющая быстро оценить состояние водоема. Современный мониторинг требует, однако, более оперативных методов. При их выработке ученые Института зоологии и ботаники АН ЭССР брали за основу установленные ими функциональные, количественно-описываемые связи между биотическими и абиотическими показателями экосистем, определяющими трофность водоемов.

На основе статистических связей между следующими показателями: содержание хлорофилла, общая биомасса фитопланктона, содержание общего фосфора, кислорода и прозрачность выработан комплекс мето-

дов для диагностики антропогенного эвтрофирования (Линдпере, Стараст, 1983; Милиус, 1983а, 1983б, 1984; Стараст и др., 1983). Новые методы позволяют оценить трофическое состояние малых фитопланктонных озер количественно (по индексам) или в баллах по шкале трофности.

В плане комплексного исследования водоемов предусмотрены и другие его методы, составляющие второй тематический цикл «Методические исследования для диагностики и избежания антропогенного эвтрофирования». Учеными Тартуского государственного университета на многих водоемах и водотоках Эстонии разработан и успешно апробирован перспективный альгологический тест-метод определения степени трофности по «плодовитости» воды (Leis, Toom, 1982). Серьезное внимание уделяется и методам биоиндикации (Järvetkõlg, 1982а; Veldre и др., 1982; Хаберман, 1983). Оригинальное изучение проведено учеными отдела защиты окружающей среды Балтийского региона при Институте прикладной геофизики на основе определения скорости потребления кислорода донными отложениями в системе вода—донные отложения (Куслеп, Эннет, 1983; Эннет, Куслеп, 1983). По инициативе этого учреждения в Эстонии систематически проводится интеркалибрация химических показателей качества воды, включающая определение содержания биогенных веществ. Целью работы является повышение достоверности и сопоставимости полученных разными лабораториями данных и совершенствование методов анализа (Саава, Ханнус, 1978, 1983). Для унификации используемой в лабораториях методики анализа и для уточнения гидрохимических терминов составлено и выдано соответствующее руководство (Juhend..., 1983). Для малых рек Балтийского региона установлены предельно допустимые концентрации биогенных веществ в воде исходя из экологических соображений (Вельнер и др., 1983а).

Третий тематический цикл «Основные источники и факторы, вызывающие антропогенное эвтрофирование водоемов Эстонии, и выработка мероприятий для их устранения» предусматривает поиск путей торможения дальнейшего углубления и расширения антропогенного эвтрофирования в условиях Эстонии. Проведенные до сих пор исследования показывают, что при антропогенном эвтрофировании вод республики большую роль играет сельскохозяйственное загрязнение (Maastik, 1975, 1978; Симм, Миллер, 1978; Velner и др., 1980; Maastik и др., 1980).

Изучение территориального загрязнительного баланса (Maastik, 1982; Маастик и др., 1983) показало, что основными источниками загрязнения вод в большинстве районов республики являются животноводческие фермы. Загрязнения имеют как точечный (растекание жижи, технологических сточных вод и силосного сока у ферм), так и рассредоточенный характер (нерациональные способы удобрения) (Симм, Маастик, 1983). Увеличение в Эстонии рассредоточенного загрязнения за последние десятилетия обусловлено расширением площади сельскохозяйственных угодий. При обрабатывании земель водосборных площадей не только повышается сток биогенных веществ, но и изменяется качество этих веществ за счет увеличения роли их минеральных форм (Вельнер и др., 1983б).

Ученые сельскохозяйственных учреждений — Эстонской сельскохозяйственной академии, Эстонского НИИ животноводства и ветеринарии, Эстонского НИИ земледелия и мелиорации — уже ищут пути устранения сельскохозяйственного загрязнения. Эти исследования направлены на экологическую оптимизацию сельскохозяйственного ландшафта и на установление экологической оценки применения удобрения. Изучается эффективность водоохраных зон и полос при уменьшении нагрузки биогенных веществ на водоемы и водотоки сельскохозяйственного ландшафта (Мандер, 1982; Мандер, Алеханд, 1982). Экспериментально дока-

зан ущерб, который причиняет сельскому и водному хозяйству разбрасывание удобрений на снегу или мерзлом грунте (Оя, 1978; Раудвяли, Сиренди, 1978). Проведены опыты по контролю целесообразности реально применяемых норм и способов удобрения (Sirendi, 1977, 1983a, 1983b; Raudväli, Sirendi, 1979, 1983a, 1983b; Raudväli, 1982; Маастик и др., 1983).

Технологические работы направлены на уменьшение сточных вод путем утилизации содержащихся в них полезных веществ (Кирт и др., 1974; Кирт, 1978, 1979), на удаление из стоков биогенных веществ (Эннет и др., 1975), а также на улучшение конструкции очистных сооружений и усовершенствование очистительных процессов (Соонсейн и др., 1976; Кукк, Сокк, 1977; Маастик и др., 1978; Сокк, 1978 и др.).

Хотя бытовые и промышленные сточные воды занимают важное место среди источников веществ, обуславливающих антропогенное эвтрофирование природных вод (Симм и др., 1982), в условиях Эстонии первоочередное внимание уделяется предотвращению сельскохозяйственного загрязнения. Это даст наибольший экономический эффект, приносящий пользу как водному, так и сельскому хозяйству.

Исследования по комплексной программе продолжатся и в следующей пятилетке, так как осталось еще немало нерешенных вопросов. Помимо изучаемых до сих пор аспектов проблемы антропогенного эвтрофирования, заслуживают внимания также экономические и юридические аспекты, имеющие большое значение в практике защиты природных вод.

ЛИТЕРАТУРА

Антропогенное воздействие на малые озера. Л., 1980.

Вельнер Х. А., Куйк Л. А., Лойгу Э. О., Рохусаар Л. Л. Некоторые аспекты зарастания малых рек. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование водоемов. Тезисы докладов на Первом всесоюзном симпозиуме по антропогенному эвтрофированию водоемов. Черноголовка, 1974, 67—71.

Вельнер Х. А., Лойгу Э. О. Влияние эвтрофирования на качество воды малых рек Эстонии. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Втором всесоюзном совещании по антропогенному эвтрофированию природных вод. Черноголовка, 1977, 172—174.

Вельнер Х. А., Лойгу Э. О., Саава А. Э. Регламентирование биогенных веществ в воде малых рек Балтийского региона. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983a, 130—132.

Вельнер Х. А., Лойгу Э. О., Марксоо П. А. Поступление и трансформация биогенных веществ в водоемах Эстонии. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983b, 215—216.

Кирт Э. Утилизация клеточного сока картофеля. — Науч.-техн. реферат. сб. ЦНИИТЭИ пищевого, 1978, 6, 16—19.

Кирт Э. Экономическая оценка утилизации побочных продуктов при производстве картофельного крахмала. — Науч.-техн. реферат. сб. ЦНИИТЭИ пищевого, 1979, 1, 27—33.

Кирт Э. Э., Илус А. Э., Вельнер Х. А., Маастик А. А. Очистка сточных вод при производстве картофельного крахмала. — Сахарная пром-сть, 1974, 4, 68—73.

Кукк Э. Г., Сокк О. Р. О выносе питательных веществ из очистных сооружений в связи с набуханием активного ила. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Первом всесоюзном симпозиуме по антропогенному эвтрофированию водоемов. Черноголовка, 1977, 286—288.

Куспаа П. Т., Эннет П. О. Потребление кислорода донными отложениями в системе «вода—донные отложения». — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 83—85.

Линдпере А., Стараст Х. Определение индекса трофии термически стратифицированных озер по кислороду. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1983, 32, 273—277.

Лойгу Э. Рассредоточенная нагрузка загрязнения и ее роль в формировании качества воды малых рек. — В кн.: Проблемы рационального использования водных ресурсов малых рек. Казань, 1981, 140—141.

Маастик А., Кирт Э., Прантс Х. Окислительный канал с ламинарным осветителем. — В кн.: Научные труды ЭСХА 124. Вопросы мелиорации и водного хозяйства, 6. Тарту, 1978, 65—71.

- Маастик А. А., Оя А. В., Хенно М. К.** Животноводческие фермы как источники загрязнения и эвтрофирования водоемов и водотоков. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 128—130.
- Мандер Ю.** Роль водоохранных полос в уменьшении загрязнения водотоков. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 103.
- Мандер Ю. Э., Александ К. Ф.** О проектировании водоохранных полос по берегам водоемов и водотоков. — Уч. зап. ТГУ 614. Охрана внутренних вод. Тарту, 1982, 68—76.
- Милиус А.** Определение трофического состояния малых фитопланктонных озер с применением индекса трофии по хлорофиллу *a* в фитопланктоне. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1983а, 32, 288—291.
- Милиус А.** Определение трофического состояния малых фитопланктонных озер при помощи индекса трофии прозрачности воды. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1984, 33, 73—76.
- Милиус А. Ю.** Простой метод предсказания содержания хлорофилла. — В кн.: Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах. Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума. Петрозаводск, 1983б, 74—75.
- Милиус А., Кываск В.** Связь между прозрачностью воды и фитопланктоном в малых озерах Эстонии. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 100.
- Мязметс А., Тийдор Р., Локк С., Лаугасте Р., Тимм В., Мязметс А., Пиху Э., Хабержман Ю.** Состояние экосистемы Чудско-Псковского озера. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 95—97.
- Оруссаар Г.** Режим биогенных элементов Таллинского залива. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 111.
- Оя А.** О загрязнении вод при зимнем разбрасывании жидкого свиного навоза. — Науч. тр. ЭСХА 124. Вопросы мелиорации и водного хозяйства 6. Тарту, 1978, 59—64.
- Пиирсоо Х.** Особенности видового состава, сезонной и годовой динамики фитопланктона Таллинского залива, подверженного влиянию деятельности человека. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 107—108.
- Покровская Т. Н., Миронова Н. Я., Шилькрот Г. С.** Макрофитные озера и их эвтрофирование. М., 1983.
- Поргасаар В., Ремм К., Вийк М.** Гидрохимические и гидробиологические явления эвтрофикации в Матсалуской бухте. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 112.
- Порк М., Локк С.** Бактерио- и фитопланктон озера Юлемисте. — В кн.: Гидробиология озер Юлемисте и Псковско-Чудского. Таллин, 1979, 32—47.
- Рандвезер А.** Сезонная динамика фитопланктона Пярнуской бухты, по данным 1979—1981 годов. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 108—109.
- РAUDВЯЛИ Э. И., Сиренди А. Э.-М.** Влияние антропогенной деятельности на изменение содержания биогенных элементов в стоке. — В кн.: Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водах. Тезисы докладов III Всесоюзного симпозиума. Таллин, 1978, 80—82.
- Саава А. Э., Ханнус М. Г.** О методике интеркалибрации биогенных веществ в воде. — В кн.: Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водах. Тезисы докладов III Всесоюзного симпозиума. Таллин, 1978, 89—93.
- Саава А. Э., Ханнус М. Г.** О результатах интеркалибрации методов определения биогенных веществ в воде. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 146—147.
- Симм Х.** Антропогенное эвтрофирование водоемов Эстонской ССР. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982б, 91—92.
- Симм Х. А.** Антропогенные изменения в гидрохимии поверхностных вод (на примере Эстонии). — Уч. зап. ТГУ 614. Охрана внутренних вод. Тарту, 1982в, 14—18.
- Симм М.** Динамика зоопланктона Пярнуской бухты, подверженной антропогенной эвтрофикации. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982а, 110.
- Симм Х.** Эвтрофирование олиготрофных озер Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1977, 26, 337—344.
- Симм Х. А., Маастик А. А.** Целевые комплексные исследования по изучению и устранению антропогенного эвтрофирования поверхностных вод Эстонской ССР. —

- В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 207—209.
- Симм Х. А., Миллер Т. В. Изменение содержания фосфатов в местном стоке Эстонии. — В кн.: Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водах. Тезисы докладов III Всесоюзного симпозиума. Таллин, 1978, 96—99.
- Симм Х. А., Ярвекюльг А. А., Вельнер Х. А. Антропогенное воздействие на воды бассейна Балтийского моря и создание научных основ их защиты (на примере Эстонии). — В кн.: Проблемы сохранения, защиты и улучшения качества природных вод. М., 1982, 73—83.
- Сокк О. Р. Применение математического моделирования в описании продленного контактного режима очистки. — В кн.: Механизация. Таллин, 1978, 94—99.
- Соонсейн Р., Курт Э., Маастик А. Исследование некоторых свойств жидкого свиного навоза. — Науч. тр. ЭСХА 110. Вопросы мелиорации и водного хозяйства 5. Тарту, 1976, 90—94.
- Стараст Х. А., Милиус А. Ю., Линдпере А. В., Симм Х. А., Кываск В. О. Диагноз трофического статуса малых пресных озер. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 211—213.
- Хаберман Ю. Х. Связь коловраток с трофностью озера. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на Третьем всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 213—214.
- Хаберман Ю., Стараст Х., Тийдор Р., Лаугасте Р., Ныгес П., Локк С., Таммерт Х., Кангур К., Пиху Э., Кангур А. Состояние экосистемы озера Выртсъярв. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 93—95.
- Эннет П. О., Куслап П. Т. Определение скорости потребления кислорода в системе «вода—донные отложения». — Тр. Таллинского политехн. ин-та. Таллин, 1983, 544, 23—29.
- Эннет П. О., Мёльдер Х. А., Вельнер Х. А. Удаление фосфора в аэротенках методом симультанного осаждения. — В кн.: Sesja Naukowa «Wysokoelektywne metody oczyszczania sciekow». Krakow, 1975.
- Ярвекюльг А., Трей Т., Поргасаар В., Пийрсоо К. Влияние деятельности человека на биологический режим Балтийского моря. — В кн.: Проблемы современной экологии. Исследования природных экосистем Эстонии. Материалы республиканской конференции. Тарту, 1978, 114—115.
- Eesti järved. Tln., 1968.
- Juhend magevee kvaliteedi määramiseks füüsikalistel ja keemilistel meetoditel. Tln., 1983.
- Järvekülg, A. Läänemere antropogeenne eutrofeerumine. — Rmt.: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tln., 1982 a, 15—27.
- Järvekülg, A. Läänemere saastumise bioindikaatorid. — Rmt.: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tln., 1982 a, 74—80.
- Kõvask, V. Milius, A. Lõuna-Eesti väikejärvede fütoplankton. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 75—85.
- Leis, M., Toom, M. Veekogude eutrofeerumise algoloogiline hindamine. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 108—115.
- Lokk, S. Mikrobioloogilistest näitajatest erineva troofsustasemega järvedes. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 65—74.
- Loopmann, A. Eesti NSV järvede valgud ja veevahetus. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 9—19.
- Maastik, A. Põllumajanduslikud reostusallikad. Põllumajandusliku veereostuse vältimine. — Rmt.: Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi põllumajanduses. Reostusallikad ja reostuse vähendamine põllumajanduses. Tln., 1975, 26—31.
- Maastik, A. Keskkonnakaitsest põllumajanduses. — Keskkonnakaitse, 1978, 1, 3—7.
- Maastik, A. Veereostus loomakasvatusest. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 151—158.
- Maastik, A., Oja, A., Sokk, O., Soonsein, R. Loomakasvatusega kaasnevatest veekaitseprobleemidest. — Rmt.: Eesti NSV pinnavee kasutamine ja kaitse. Tln., 1980, 51—64.
- Milius, A. Fosfori dünaamika Eesti väikejärvedes. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 46—55.
- Mäemets, A. Quo vadis, Peipsi? — Eesti Loodus, 1982 a, 5, 293—297.
- Mäemets, Aare, Lokk, S. Eutrofeerumise otsesest ja kaudsest seosest järvede ökosüsteemi parameetritega. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 142—158.
- Mäemets, A., Tiidor, R., Lokk, S., Laugaste, R., Timm, V., Pihu, E. Peipsi järve ökosüsteemi seisund. — Keskkonnakaitse, 1982, 2, 1—15.
- Mäemets, Aime. Antropogeenne eutrofeerumise mõju eri tüüpi järvede suurtaimestikule (makrofloorale). — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982 a, 116—124.
- Ott, I. Mõnede Viljandi rajooni eutroofsete järvede fütoplankton. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Trt., 1982, 86—96.

- Piirsoo, K. Saastumise mõju Eesti NSV rannikumere fütoplanktoni liigilisele koosseisule ja biomassile. — Rmt.: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tln., 1982, 49—54.
- Porgasaar, V. Hapniku-, fosfori- ja klorofüllisisaldus Eesti NSV rannikumere eutrofeerunud piirkondades. — Rmt.: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tln., 1982, 40—48.
- Raudväli, E. Väetiste kasutamise ökoloogiline hinnang. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdiseisund. Trt., 1982, 159—166.
- Raudväli, E., Sirendi, A. Mulla optimaalsest pH-st ja lubiväetiste vajadusest selle reguleerimiseks. — Rmt.: Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses 16. Tln., 1979, 3—7.
- Raudväli, E., Sirendi, A. Sõnniku tootmisest ja kadude vähendamiseks. — Rmt.: Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses 16. Tln., 1983 a, 13, 23—30.
- Raudväli, E., Sirendi, A. Mineraalväetiste normatiivsest ja tegelikest kadudest teel tehastest põllule. — Rmt.: Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses 16. Tln., 1983 a, 13, 30—36.
- Simm, H. Eesti pinnavee hüdrokeemia. Tln., 1975.
- Simm, H. Fosfaatide ja orgaanilise aine dünaamika Eesti valgvees. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdiseisund. Trt., 1982, 20—25.
- Sirendi, A. Väetised ja keskkonnakaitse. — Rmt.: Põllumajandusmaastiku ökoloogia küsimused. Tln., 1977, 19—20.
- Sirendi, A. Orgaaniliste väetiste kasutamise agroökoloogilisi kriteeriume. — Rmt.: Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Tln., 1983 a, 31, 26—31.
- Sirendi, A. Mineraalväetiste kasutamise agroökoloogilisi kriteeriume. — Rmt.: Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Tln., 1983 a, 31, 31—36.
- Starast, H. Fosfaadi- ja nitraadisalduse dünaamika seaduspärasused Võrtsjärve vesikonnas. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdiseisund. Trt., 1982, 26—31.
- Timm, T., Timm, V., Kangur, K., Tõlp, O. Eesti järvede seisundi hindamine zoobentose alusel. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdiseisund. Trt., 1982, 134—171.
- Trei, T. Inimtegevuse mõju põhjataimestiku levikule Kuressaare ja Haapsalu lahes. — Rmt.: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tln., 1982, 60—67.
- Veldre, I., Itra, A., Paalme, L. Veetaimed — järve kantserogeense saastumise indikaatorid. — Rmt.: Eesti NSV järvede nüüdiseisund. Trt., 1982, 125—133.
- Velner, H., Saava, A., Loigu, E. Eesti NSV pinnavee kvaliteet ja selle parandamise abinõud. — Rmt.: Eesti NSV pinnavee kasutamine ja kaitse. Tln., 1980, 38—50.
- Vilbaste, S. Eesti NSV rannikumere mikrofütobentos. — Rmt.: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tln., 1982, 55—59.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
4/VI 1984

Helle SIMM

TEADUSLIKE UURIMISTE INTEGRATSIOON SISEVETE KAITSE EESMÄRGIL

Veekaitse aktuaalseima probleemi — looduslike vete antropogeense eutrofeerumise — operatiivseks lahendamiseks on Eesti NSV-s organiseeritud sisevete ühisuurimine 14 asutuse osavõtul. Seniste uurimiste põhjal on saanud võimalikuks hinnata vabariigi järvede, väikejõgede ja merelahtede nüüdiseisundit, lähtudes ökosüsteemide viimaste kümnendite vältel toimunud abiootilistest ja biootilistest muutustest. Sisevete antropogeenset eutrofeerumist põhjustavate allikate ja tegurite uurimisel on selgunud põllumajandusreostuse suur osakaal. Tulemuslikult on selgitatud teid selle reostuse piiramiseks. Edukalt on kulgenud otsingulised meetodiuringud, sealhulgas antropogeense eutrofeerumise diagnostika meetodite leidmiseks.

Helle SIMM

INTEGRATION OF SCIENTIFIC INVESTIGATIONS FOR THE PROTECTION OF WATER BODIES

Close collaboration has been established between fourteen institutions of the Estonian SSR in order to solve a topical problem of water protection — man-made eutrophication in inland water bodies.

On the basis of these investigations and with a consideration of the abiotic and biotic changes in the ecosystems which have taken place during the last 10—20 years, the state of the lakes, small rivers and coastal waters of the Baltic Sea has been estimated. Research into the factors and sources of anthropogenic eutrophication of inland waters in the Estonian SSR has revealed the great role of agricultural pollution. Measures worked out to restrict that pollution have been efficient. Methodical investigations, including the elaboration of diagnostic methods for discovering anthropogenic eutrophication, have proceeded successfully.