

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

На правах рукописи
УДК 550.4:504.05(533)

ХАЛИЛ АХМАД

БИОГЕОХИМИЯ АЗОТА И ФОСФОРА В ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ
(на примере г. Кишинева)

(специальность 03.00.16 - экология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

КИШИНЭУ –2004

Работа выполнена в лаборатории биогеоценологии Национального Института Экологии Республики Молдова

Научный руководитель: Ион ДЕДЮ, член-корр. Академии Наук Республики Молдова, профессор

Научный консультант: Думитру Друмя, доктор геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты:

1. **Якоб Бумбу** - доктор хабилитат биологических наук, профессор
2. **Валентин Софрони** – доктор хабилитат географических наук, профессор

Защита состоится “ 4 ” Июня 2004 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Специализированного Совета ДН 70.03.00.16 – 25.12.03 при Национальном Институте Экологии Республики Молдова по адресу: MD 2028 г. Кишинэу ул. Георге Тудор 5. Тел: +37322 731918, fax. +37322 211134, e-mail: ineco@moldova.md

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Национального Института Экологии Республики Молдова по адресу: 2028, г. Кишинэу, ул. Георге Тудор 5.

Автореферат разослан 30.04 2004 г.

Ученый секретарь
Специализированного Совета
доктор биологических наук

А. Тэрыца

ВВЕДЕНИЕ

Развитие научно-технического прогресса сопряжено с постоянно усиливающимся антропогенным воздействием на окружающую среду. Наиболее подверженными техногенному воздействию являются экосистемы городских ландшафтов с высокими показателями плотности населения, интенсивным использованием земельных и водных ресурсов для развития городской инфраструктуры. Особое место в изучении окружающей среды городов принадлежит выявлению условий миграции и накопления химических элементов в различных компонентах городских экосистем, их воздействию на развитие живых организмов, функционирования водных экосистем, которые являются конечными пунктами в накоплении загрязнителей, мигрирующих в составе поверхностного стока с различных участков городских экосистем.

Для типологической оценки состояния водных экосистем и разработки практических рекомендаций по снижению уровня эвтрофикации важное значение имеют исследования по изучению их биомассы, изменению первичной продукции и других параметров, связанных с обогащением водной среды соединениями азота и фосфора (основные биогенные элементы). Важным компонентом исследований, направленных на изучение выявления путей поступления этих элементов в водных экосистемах являются биогеохимические методы исследования, которые включают в себя сопряженный анализ основных компонентов городских ландшафтов с последующим составлением баланса азота и фосфора. Такой подход позволяет рассчитать количество данных элементов достигающих водных экосистем и позволяет планировать мероприятия направленных на регулирование поступления главных биогенов в водные экосистемы. Проведенные исследования позволят разработать ряд мер направленных на достижение хорошего экологического статуса водных экосистем города Кишинева в соответствии с требованиями рамочной водной директивы Европейского Союза, а методологические подходы, использованные в результате данной работы будут применяться и при составлении планов развития городских территорий в Сирийской Арабской Республике.

Цели и задачи исследований:

Основной целью исследований являлась: Оценка современного уровня поступления азота и фосфора в городские ландшафты, выявление факторов определяющих распределение этих элементов в основных компонентах окружающей среды города, а также исследования баланса исследуемых элементов, расчет их нагрузки на водные экосистемы с прогнозированием возможных изменений их функционирования.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить содержание азота и фосфора (в первую очередь их минеральных форм) в различных компонентах окружающей среды города (почве, донных отложениях, воде, биологическом материале, атмосферных осадках, и т.д.)
- оценить основные факторы, влияющие на содержание биогенов в различных компонентах окружающей среды Кишинева
- определить роль атмосферных осадков в балансе азота и фосфора для различных функциональных зон города
- выявить роль биологических факторов в аккумуляции азота и фосфора
- разработать рекомендации по планированию городских территорий с целью снижения уровня биогенной нагрузки на окружающую среду на городских территориях

Научная новизна работы:

- изучена миграция азота и фосфора в составе поверхностного стока в функциональных различных зонах города и проведен расчет его количественных характеристик
- составлен баланс биогенов в городских ландшафтах и рассчитано их количество, достигающее водные экосистемы, что дает возможность определить роль антропогенного фактора в формировании биогенного баланса городских ландшафтов
- определены соотношения минеральных форм азота и фосфора в различных компонентах окружающей среды и их влияние на водные организмы
- определен уровень содержания азота и фосфора в основных компонентах окружающей среды г. Кишинева
- разработаны практические рекомендации, направленные на снижение биогенных нагрузок на городские экосистемы.

Практическая значимость работы

Полученные данные используются эколого-социальной секцией Примарии г. Кишинева для планирования мероприятий по организации городских территорий, а также при планировании мер направленных на реализацию плана действий по устойчивому развитию муниципия.

Используемая методология позволила получить новые данные по балансу азота и фосфора в городских ландшафтах, по количеству биогенных элементов, достигающих водных экосистем и может быть универсально использована и для подобных работ в других городах для

составления прогноза возможного изменения состояния водных экосистем, а также планирования городских территорий. Полученные результаты и использованная методология по изучению воздействия биогенов на состояние окружающей среды в городе позволят улучшить качество научных исследований направленных на улучшение состояния городских экосистем.

Апробация работы и публикации

Данная работа была выполнена в лаборатории Биогеоценологии Национального Института Экологии. Основные результаты опубликованы в 5 работах и доложены на совещании молодых ученых Академии наук Республики Молдова (2003), а также на конференции посвященной водным ресурсам, проведенной примарией г. Кишинева в 2002.

Структура и объем работы

Представленная диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, практических рекомендаций.

Литературный обзор

Первые исследования по миграции азота и фосфора начались в 50-х годах прошлого века в США. В СССР данные исследования начались примерно в это же время. Первоначальной целью данных исследований являлось определение уровня и разработки критериев для оценки антропогенного воздействия на окружающую среду. Впоследствии исследования по миграции биогенных элементов в окружающей среде проводились и для определения техногенной и естественной составляющей в их миграции в основных компонентах окружающей среды, особенно в водной. В 60-х, 70-х годах были разработаны индексы антропогенного евтрофирования. В 70-е годы значительно расширились исследования по миграции азота и фосфора в окружающей среде, были определены основные источники поступления этих элементов и особо подчеркнута роль минеральных форм данных биогенов в эвтрофикации водных экосистем, а также начались исследования по геохимии этих элементов.

Особое место при проведении биогеохимических исследований принадлежит изучению соотношений концентраций азота и фосфора на развитие живых организмов, а также соотношений содержания этих элементов в почвах, донных отложениях, водах. Указывается, что в олиготрофных и мезотрофных водоемах соотношение азота и фосфора составляет 30:1, в гумифицированных – 135: 1, а в евтрофированных 15 – 25: 1, в гиперотрофных 10-12: 1.

Существенный вклад в изучении процессов миграции азота и фосфора в окружающей среде и процессов эвтрофикации водоемов внесли работы, проведенные на Великих озерах в

США, где были рассмотрены вопросы взаимосвязи биогенной нагрузки на окружающую среду в бассейнах озер и их трофического уровня, что позволило провести типологию озер в зависимости от биогенной нагрузки, глубины озера и стока в него.

В работе Каплана-Дикса приводится методология по моделированию поверхностного стока биогенных веществ с водосборных площадей.

Первые исследования по содержанию азота и фосфора в атмосферных осадках начались в 60-х годах для нужд сельского хозяйства. Были определены фоновые концентрации питательных элементов в различных природных зонах. В настоящее время значительная часть этих исследований переориентирована на изучение антропогенного воздействия.

За последние 30 лет значительно вырос интерес к исследованию химического состава снежного покрова, как индикатора техногенного загрязнения. Изучалось влияние точечных источников загрязнения, также как и влияние источников промышленного загрязнения на состояние прилегающих территорий. Из проведенного анализа литературы можно сделать вывод, что исследования по биогеохимии азота и фосфора охватывают различные аспекты природопользования. В то же самое время необходимо отметить, что круговорот этих элементов в окружающей среде проходит по-разному и зависит от многих факторов. Можно сделать вывод, что для каждого ландшафта необходимо проведение специальных исследований с учетом местных факторов, влияющих на миграцию азота и фосфора. В этом контексте проведение исследований по биогеохимии азота и фосфора в муниципии Кишинев, который находится под все увеличивающимся техногенным прессом представляет несомненный практический и теоретический интерес для составления обоснованных программ и планов действий, направленных на уменьшение нагрузок биогенов на городские экосистемы. Кроме этого методологические подходы нуждаются в постоянном совершенствовании, а подсчитанные нагрузки необходимо корректировать в зависимости от изменившихся условий и социально-экономического развития города.

Глава 1. Краткое описание физико-географических условий г. Кишинева

Территория города находится на юго-восточной окраине Кодр и западной части Приднестровской террасы (Геоморфология Молд). Рельеф обследованной территории имеет комплексный характер. Важным элементом рельефа является долина реки Бык и ее расчлененные склоны. Основная часть города расположена на правой части долины реки. Расчленение рельефа варьирует в достаточно широких пределах в среднем $2,25 \text{ км}^2$. Средняя

глубина расчленения ландшафта составляет 100-120 м. Наиболее высокие участки приурочены к западной части города и достигают 160 м.

В геологической структуре изученной территории выделяются породы сарматского возраста представленные в основном зеленого цвета с серым оттенком с прослоями песка и рифогенного известняка. Мощность сарматских отложений на территории города варьирует от 120 до 290 м.

Четвертичные породы представлены элювиальными, элювиально-делювиальными, аллювиальными, делювиальными отложениями, состоящими из глин, песчаников, глинистого песка, песка и гальки. Современные аллювиальные отложения особенно развиты в пойме р. Бык и представлены глинами и песчаником с большим количеством остатков организмов.

В северо-западной части города преобладают выщелоченные черноземы. На левом берегу реки Бык в средних частях склонов развиты обычные черноземы. На периферийной части юго-западной части города отмечаются карбонатные черноземы. Этот тип почвенного покрова распространен и в нижней части склонов долины р. Бык. В пойме реки развиты луговые почвы, которые часто слабо засолены. Основная часть почвенного покрова города сильно изменена и может быть классифицирована, как антропогенные почвы.

По флористическому составу (Гейдеман, Кравчук, 1978), территория Кишинева расположена в пределах двух флористических регионов: лиственные европейские леса (Кодры) и средиземноморские леса (участки думбрав юга Молдовы). В парках и лесопарках примерно 2\3 деревьев представлены интродуцированными видами (каштан, платан, сосна, туя, канадский тополь и т. д.). Травяной степной и лесостепной покров сохранился в основном на участках непригодных для строительства и сельского хозяйства.

Водные ресурсы муниципия представлены небольшими реками протекающими по городским ландшафтам, водоемов и подземных вод, а также рекой Бык и его притоками, пригородными озерами Гидигич и Яловены и озерами расположенными в городской черте.

Глава 2. Материал и методика исследований

На протяжении 2001-2002 были проведены почвенные, гидрохимические, гидробиологические и токсикологические исследования на основных водных объектах города, а также проведено биологическое тестирование поверхностного стока функциональных основных зон. Результаты представленной работы основаны на анализе 60 поверхностных проб воды, 76 проб донных отложений (жидкой и твердой фаз), 147 проб почвы, 24 проб атмосферных осадков, 21 пробы

поверхностного стока, а также исследований по первичному продуцированию 4 основных озер города (Valea Morilor, Trandafirilor, Rîșcani, La Izvor).

Отбор проб проводился в течении вегетационного периода, кроме отбора снежного покрова, который отбирался в зимнее время. Все этапы по подготовке, обработке, консервации, транспортировке и хранения проб, а также их анализ проводились в соответствии с унифицированными методами исследования вод и руководству по химическому анализу вод суши. Обследование озер проводилось путем отбора проб в их верхней, средней и нижней частях. Вместе с отбором проб проводилось измерение pH, температуры, Eh.

Анализ атмосферных осадков (снежный покров) проводился в функциональных основных зонах города. Пробы снежного покрова отбирались по методологии Глазовского. Проводился сбор проб снега сразу же после выпадения осадков, а затем через 15 дней сбор проб проводился повторно на тех же участках. Пункты отбора проб располагались в различных зонах города: жилые массивы, парки, промышленные предприятия, автомагистрали. В воде полученной в результате таяния пробы определялись минеральные формы азота и фосфора. Для оценки техногенного воздействия атмосферных аэрозолей на городские экосистемы, количество биогенных элементов накопленные за 15 дней соотносились с годовыми. Расчет проводился исходя из годовой нормы атмосферных осадков для Кишинева в 550 мм.

Подготовка к химическим анализам проводились в соответствии с ГОСТом 4212-76. Для построения калибровочных графиков использовались стандарты института VITUKI, Будапешт.

Ионы аммония анализировались фотоколориметрически с реактивом Неслера, нитрит ионы с сульфаминовой кислотой и альфа-нафтиламином, нитратные ионы с салицилатом натрия, фосфат ионы с молибдатом аммония, общий азот по методике Кьельдаля

Токсичность поверхностного стока определялась путем отбора твердого материала в функциональных различных зонах города. После этого собранный материал замачивался в объеме воды эквивалентном годовому количеству осадков, выпадающему в городе. Затем водный раствор тестировался по критерию выживаемости подопытных организмов. Степень токсичности определялась согласно Методическим рекомендациям (Методические рекомендации по тестированию сточных вод с использованием рачка Дафния магна, 1986).

Величина первичного продуцирования в обследованных водоемах определялась методом темных и светлых склянок с экспонированием их в течении 24 часов на различных глубинах исследованных водоемов.

Глава 3. Азот и фосфор в компонентах окружающей среды

муниципалитет Кишинев

3.1. Азот и фосфор в почвенном покрове муниципалитета.

Как результат проведенных исследований можно констатировать, что до 90% всего почвенного азота в лесопарковых зонах приходится на его органическую форму. Для фосфора этот показатель составляет от 60 до 85 % и зависит от участка сбора материала.

Количество азота и фосфора в почвах изученных лесопарков зависит от растительного покрова. Его различные типы по-разному влияют на содержание данных элементов в почвах. На основе полученных данных можно сделать вывод, что наибольшее количество биогенных элементов отмечено под искусственными кустарниковыми насаждениями (табл. 3.1.)

Таблица 3.1

Содержание биогенных элементов в почвенном покрове под основными типами растительности мун. Кишинев (мг/кг почвы)

Тип растительности	Азот общ.	Азот орг.	Фосфор общ.	Фосфор орг.
Кустарники	1670	1480	580	545
Древесные насаждения	2750	2470	520	485
Огороды	1800	1740	605	560
Луга	2600	2560	470	390

Помимо почв лесопарковых зон города проводилась поверхностная почвенная съемка в функциональных различных зонах города. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Содержание азота и фосфора в почвенном покрове функциональных различных зон муниципалитета Кишинев в мг/кг.

Функциональная зона	N общ.	N орг.	P общ.	P орг.
Жилые массивы новой застройки	3700	3370	470	410
Частный жилой сектор (нижняя часть города)	3400	2650	320	200
Частный жилой сектор (новые постройки)	3800	3470	490	430
Транспортные артерии	4700	3860	500	370
Промзоны	5100	4200	740	480
Зоны отдыха	3800	3580	490	390

Как видно из представленных в таблице 3.2 данных количество биогенных элементов в поверхностном слое почвы (0-10 см) несколько превышает таковое в лесопарковых зонах. При этом минеральная составляющая в них превышает таковую в лесопарковых зонах. Проведенные анализы указывают на повышенное содержание аммонийного азота в функциональных

различных зонах города по сравнению с лесопарковыми участками. Очевидно, это связано с постоянно поступающими органическими загрязнениями. На транспортных артериях, а также на участках прилегающих к зоне ТЭЦ в минеральной части азотных соединений содержание нитратного азота превышало таковое в почвах лесопарковых зон.

Распределение биогенных элементов по профилю почв городских ландшафтов проводилось в лесопарковых зонах, так как во многих функциональных зонах почвенный профиль сильно изменен. В изученных почвенных горизонтах содержание азота и фосфора, как минеральных так и органических форм уменьшалось с глубиной (рис 3.1.).

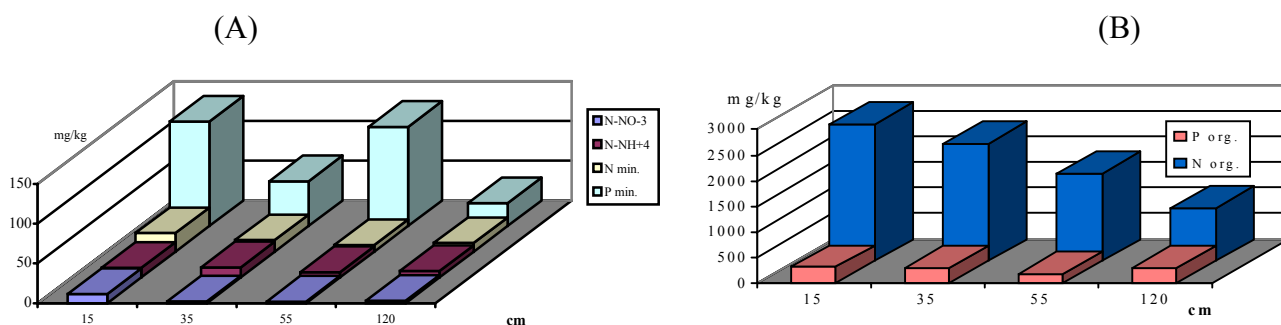


Рис. 3.1. Распределение биогенных элементов по почвенному профилю водораздельной части лесопарковой зоны.

(А) минеральных форм азота и фосфора, (В) органических форм азота и фосфора

Соотношения минерального азота и фосфора в почвах изменяются с глубиной. В верхних горизонтах (0-30 см) содержание минерального фосфора в 2-4 раза превышает таковое для азота в то время как на глубине 130-140 см концентрация азота в 2-4 раза выше, чем минерального фосфора. Примерно такая же картина отмечена и для органических форм этих элементов для всех изученных лесопарковых зон.

Анализируя соотношения различных форм азота и фосфора в почвах можно отметить, что соотношения минеральных форм этих элементов колеблются в соотношении 1: 3,5 – 6,8 (табл. 3.3.).

Таблица 3.3

Соотношения азота и фосфора в почвах г. Кишинева.

Водосбор	Участок отбора проб	Nmin: Norg	Pmin: Porg	Nmin: Pmin	Ntot: Ptot
Valea Morilor	Верхняя часть склона	1:74	1:6	1:3,3	3,5:1
	Средняя часть склона	1: 143	1:5,3	1:6	3,9:1
	Нижняя часть склона	1:98	1:6,5	1:5	2,5:1
Rîșcani	Верхняя часть склона	1:64	1:5,5	1:3,5	3,3:1
	Средняя часть склона	1: 133	1:4,7	1:5,6	3,5:1
	Нижняя часть склона	1:76	1:5,4	1:4,9	2,7:1

3.2. Содержание азота и фосфора в донных отложениях.

В течении года в иловом растворе концентрации минерального азота варьировали от 2,34 мг\л в парке Valea Trandafirilor до 8,12 мг\л в парке Valea Morilor. В летнее время эти показатели составляли 4,72 мг\л до 15,96 мг\л соответственно. Пробы, отобранные на эталонном озере примерно в это же время содержали 1,78 мг\л в зимнее время и 4,72 мг\л в летний период или примерно в 3-4 раза меньше, чем в городских экосистемах.

Нитритный азот в жидкой фазе донных отложений изученных водных экосистем находился на незначительном уровне и его содержание варьировало от 0,02 до 0,06 мг\л.

Содержание нитратного азота в изученных водоемах изменялось от его повышенного содержания в холодный период к снижению во время теплого времени года. Вместе с тем количественные показатели варьировали в зависимости от водоема и в зимний период составили 0,24 мг\л в озере La Izvor и 1,37 мг\л Valea Morilor. В летний период эти показатели составили 0,14 мг\л и 1,12 мг\л соответственно.

Содержание минерального фосфора в жидкой фазе донных отложений изученных водных экосистем, как правило, в 10-22 раза выше, чем в водном слое. Максимальное содержание этого компонента в жидкой фазе отмечено в летнее время года и наименьшее в зимний период отмечено во всех изученных водоемах от 0,05 мг\л La Izvor до 0,34 мг\л Valea Morilor. В летний период этот показатель варьировал от 0,45 мг\л до 3,03 мг\л соответственно. Такое неравномерное распределение фосфора очевидно связано с многолетним применением фосфорных удобрений в водосборной площади парка Valea Morilor, включающей в себя сельскохозяйственные угодья, а также завод бытовой химии в с. Durlăști, где в технологическом процессе используются и производятся моющие средства, содержащие фосфор (рис. 3.2.1 3.2.2).

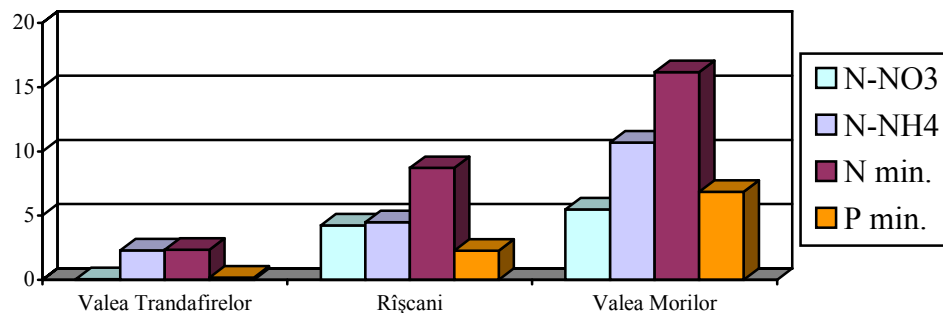


Рис. 3.2.1. Минеральные формы азота и фосфора в донных отложениях основных озер города Кишинева в мг\л

Как видно из данных приведенных на рис. 3.2.1. наибольшее количество минеральных форм биогенных элементов приурочено к озеру Valea Morilor, водосборная площадь, которого подвержена значительной техногенной нагрузке как сельскохозяйственной так и муниципальной (торговая зона, рекреация).

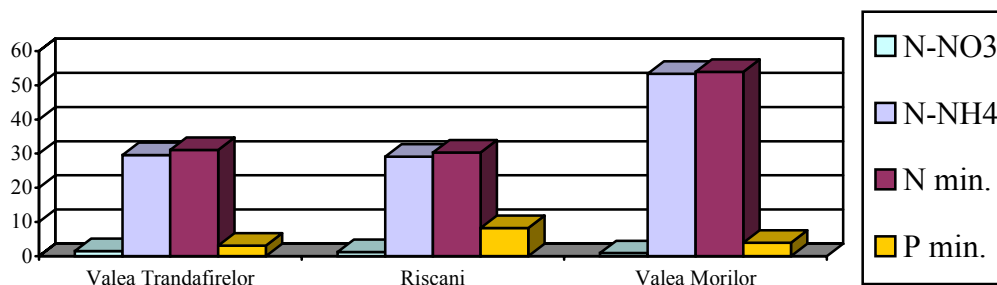


Рис. 3.2.2. Минеральные формы азота и фосфора в твердой фазе донных отложениях озер в мг\кг

Содержание биогенов в твердой фазе донных отложений изученных озер близко по их распределению в жидкой фазе. Здесь максимальные количества биогенов также приходится на водные экосистемы Valea Morilor.

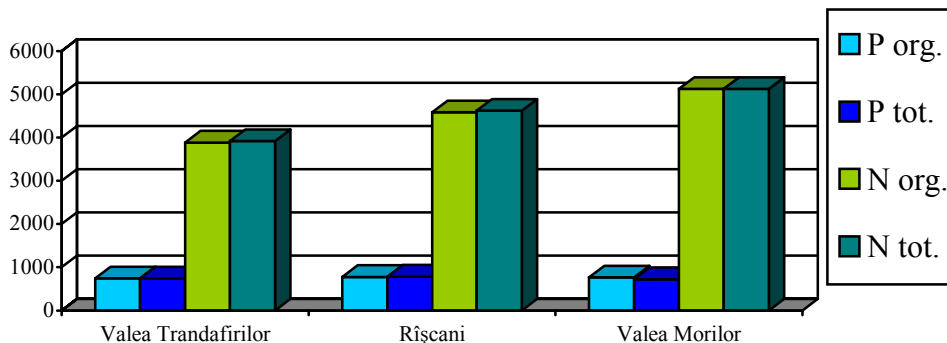


Рис. 3.2.3. Органический и общий азот и фосфор твердой фазе донных отложений изученных озер мг\кг

Из данных приведенных на рис. 3.2.3 видно, что в твердой фазе донных отложений значительно преобладают органические формы обоих элементов, причем их содержание как минеральной, так и органической части превышает таковое в почвенном покрове города.

В нижней части озера Valea Morilor была отобрана колонка донных отложений. Содержание минеральных форм обоих элементов увеличивается с глубиной с 42,15 мг\кг в слое 0-10 см до 221 мг\кг на глубине 55-65 см. Минеральный фосфор в этих горизонтах составляет 5,5 - 11,4 мг\кг (рис 3.2.4).

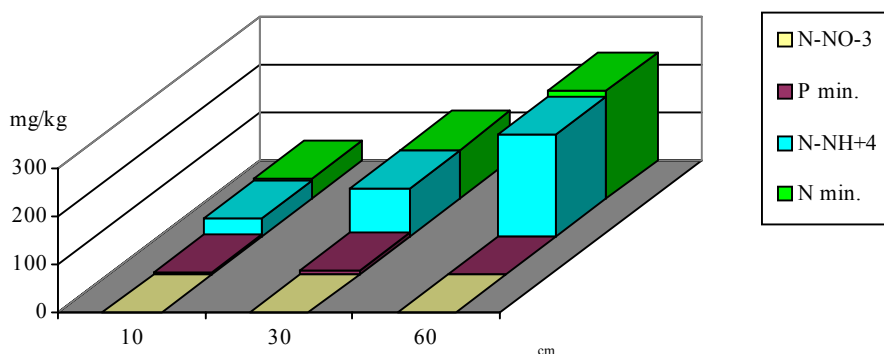


Рис. 3.2.4. распределение минеральных форм азота и фосфора по профилю донных отложений озера Valea Morilor в мг\кг (твердая фаза)

Увеличение содержания азота и фосфора с глубиной, очевидно, указывает на присутствие регулярного процесса минерализации органического вещества и сорбцию минеральных биогенов из водной толщи. Органические формы азота и фосфора с глубиной также увеличивается, что возможно, также связано с интенсивным накоплением органического вещества, минерализация которого также протекает весьма интенсивно по всей глубине изученного профиля (рис. 3.2.5)

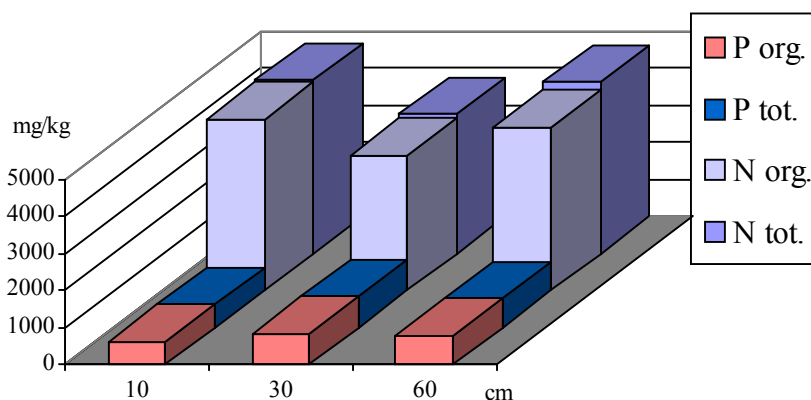


Рис. 3.2.5. Биогенные вещества в колонке донных отложений озера Valea Morilor, твердая фаза (мг\кг)

3.3. Азот и фосфор в русловых донных отложениях основных водотоков города

Содержание минеральных форм азота и фосфора в жидкой фазе донных отложений возрастает с верхней части водотока до нижней в 3 раза. Концентрация нитратного азота увеличивается с 0,07 мг\л до 0,18 мг\л, аммиачного азота увеличивается с 1,43 мг\л до 3,2 мг\л и минеральный фосфор с 0,09 мг\л в верхней части до 0,64 мг\л в нижней. Содержание органических форм азота и фосфора в донных отложениях превышает таковое для минеральной части. В ручье Durlęsti количество органического азота в русловых отложениях увеличивается примерно в 20 раз с 1,43 мг\л в верхней части до 30,72 мг\л в его нижнем течении, в то время как количество органического фосфора постепенно уменьшается от верхней части к нижней. В твердой фазе донных отложений этого водотока содержание минеральной формы азота и фосфора увеличивается к его нижней части. В жидкой фазе содержание минерального азота увеличивается с 19,75 мг\кг до 96,13 мг\кг, в то время как содержание минерального фосфора с 11,43 мг\кг до 19,60 мг\кг. Органические соединения биогенов содержатся в больших количествах по сравнению с минеральными в твердой фазе седиментов. Их среднее содержание составляет 2895 мг\кг для азота и 587 мг\кг для фосфора. Количество органического азота в жидкой фазе увеличивается с верхней части к нижней с 5,7 мг\л до 6,57 мг\л соответственно, в то время как содержание органического фосфора увеличивается с 30,14 мг\л до 80,56 мг\л соответственно. В твердой фазе донных отложений водотока в парке Rіșcani содержание обеих форм азота и фосфора также увеличивается от его части верхней к нижней. Количество минерального азота увеличивается с 18,9 мг\кг до 54,8 мг\кг. Содержание минерального фосфора растет с 17 мг\кг до 45,7 мг\кг. Количество органического азота в донных отложениях увеличивается незначительно с 2040,1 мг\кг до 2394,1 мг\кг, в то время как концентрация органического фосфора изменяется примерно в 3 раза с 363,1 мг\кг до 936,4 мг\кг.

Анализ донных отложений р.Бык показал, что техногенный пресс на реку значительно превышает таковой в лесопарковых зонах рис. 3.3.1. Так концентрация минерального азота значительно увеличивается от вхождения водотока в город, где этот показатель составляет менее 0,1 мг\л для нитратного азота, содержание которого увеличивается по всему протяжению водотока примерно в 10 раз до выхода реки из города. Вместе с тем содержание аммиачного азота в жидкой фазе примерно в 10 раз превышает таковое для нитратного, причем это соотношение сохраняется на всех опробованных пунктах. Соотношение минеральный азот к органическому в жидкой фазе на протяжении от входа в город до ул. Оргеевская составляет

примерно 1:1, в то время как ниже ул. Измайльская это соотношение увеличивается до 1:6,5 и ниже СБО этот показатель составляет примерно 1:4,5. Изменения соотношения в пользу органического азота в жидкой фазе донных отложений, очевидно, указывает на существенное увеличение органической нагрузки на р. Бык по мере ее продвижения по городским ландшафтам и внутриводоемные процессы не в состоянии минерализировать всю поступающую органику с водосборных площадей

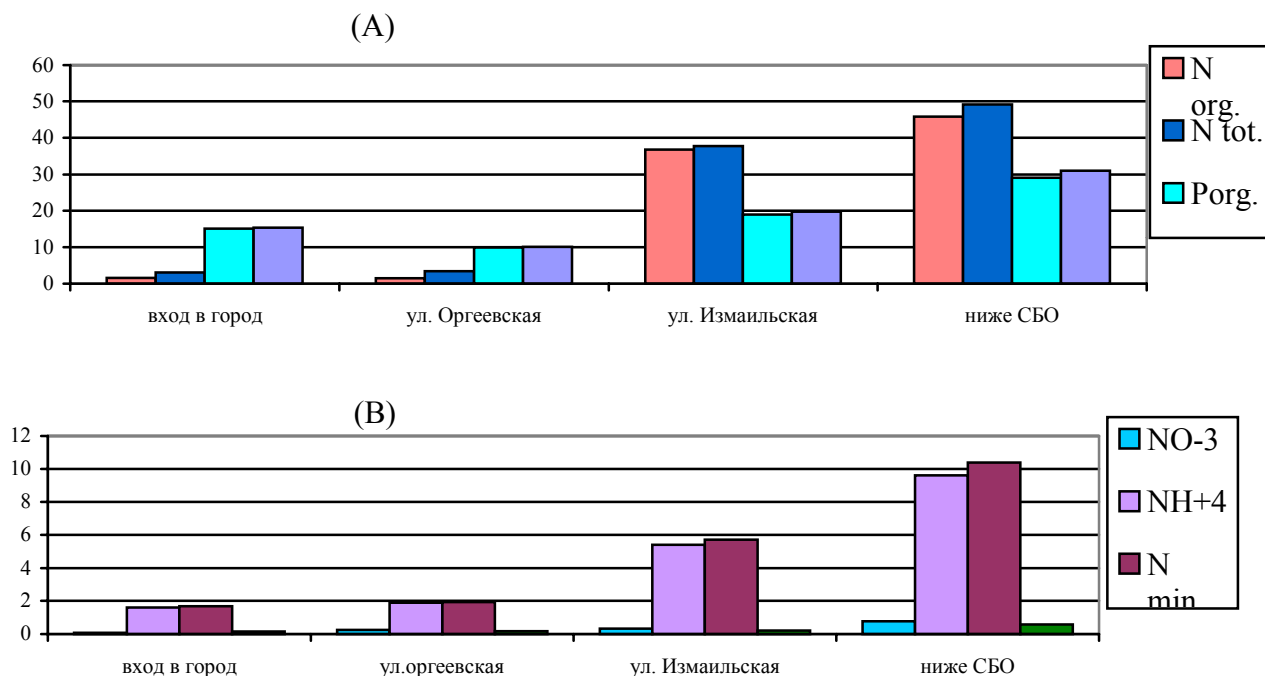


Рис. 3.3.1. Биогенные элементы в донных отложениях р. Бык (жидкая фаза, мг\л)
(А)- органических форм азота и фосфора;(В)- миниральных форм азота и фосфора.

Содержание органических форм азота и фосфора в донных отложениях значительно превышает таковое для минеральной части. В р. Бык количество органического азота в русловых отложениях увеличивается примерно в 20 раз с 1,53 мг\л в верхней части до 47,72 мг\л в его нижнем течении, в то время как количество органического фосфора увеличивается с 15 мг\л при входе в город до 29 мг\л ниже СБО.

В твердой фазе донных отложений реки Бык содержание минеральной формы азота и фосфора также увеличивается от входа в город и по всему дальнейшему течению (рис. 3.3.2). Количественные показатели значительно выше, таковых в жидкой фазе. Содержание минерального азота увеличивается в этом направлении с 21,37 мг\кг до 134,57 мг\кг, в то время как содержание минерального фосфора растет с 12,41 мг\кг до 23,44 мг\кг.

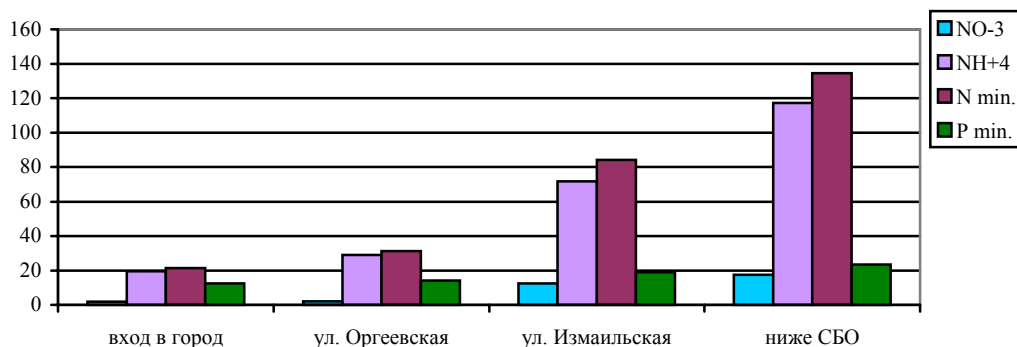


Рис. 3.3.2. Биогенные элементы в донных отложениях р. Бык, твердая фаза, мг\кг

3.4. Гидрохимический режим азота и фосфора в водных экосистемах г. Кишинева

Полученные данные указывают на преобладание нитратной формы азота в озерных экосистемах и повышенное по сравнению с ними содержание аммонийного азота в воде р.Бык. Концентрации биогенных элементов в жидкой фазе донных отложений значительно превосходят таковые для минеральных форм азота и фосфора в поверхностных водах. Согласно литературным данным (ТЕРКСОП) заиление водного объекта в Центральной зоне Молдавии составляет в среднем 2,5-3% в год. Можно предположить, что за 40-50 лет существования изученных водоемов иловые отложения составляют примерно 40-50% от общего объема водохранилища. Таким образом сопоставляя полученные данные по содержанию минеральных форм биогенов водной фазе донных отложений и воде водоемов, можно предположить, что примерно 2\3 их общего количества поступает в воду из донных отложений.

3.5. Содержание биогенных элементов в поверхностном стоке г. Кишинева

Накопление поверхностного материала на территории города происходит крайне неравномерно. Наибольшее его количество приурочено к нижним частям города в пойме р. Бык, где на различных участках скапливается до 40 г\м² в районе автовокзала, до 70 г\м² в районе ул. Набережная и до 50 г\м² в районе ж.д вокзала. На территории отдельных промышленных предприятий (комбинат «Искож») скапливается до 100 г\м². Ситуация усугубляется практическим отсутствием организованного отвода поверхностных вод в ливневой канал.

Отбор проб по функциональным зонам города показал, что наибольшее количество биогенных элементов накапливается в пойме р. Бык (табл. 3.5.1).

Таблица 3.5.1

Содержание биогенных элементов вповерхностном стоке функциональных различных зон города. В мг\л

Функциональная зона	NH ₄	NO ₂	NO ₃	N min	N tot	PO ₄	P tot
Промышленные предприятия	1,36	0,06	1,37	2,79	16,45	0,094	0,356
Транспортные артерии	1,98	0,04	1,89	3,91	19,76	0,073	0,170
Жилые массивы новой застройки	1,26	0,09	1,23	2,58	14,89	0,078	0,294
Жилые массивы в нижней части города	2,17	0,12	1,75	4,05	18,47	0,097	0,296
Парковые зоны	0,84	0,05	1,02	1,91	11,16	0,037	0,193
Среднее по городу	1,45	0,07	1,34	2,86	16,15	0,076	0,258

Как видно из данных приведенных в таблице соотношение минеральной и органической частей азота в поверхностном стоке составляет примерно 1: 7-10. Такое соотношение близко к таковому в жидкой фазе донных отложений водотоков, подверженных сильному органическому прессу. Что касается фосфора, то соотношения его минеральной части к органической составляет примерно 1: 2,5 – 7 -7,5.

По содержанию минеральных и органических форм биогенных элементов в поверхностном стоке функциональные зоны города можно распределить следующим образом в порядке убывания:

- жилые массивы нижней части города;
- транспортные артерии;
- промышленные предприятия;
- жилые массивы новой застройки;
- парковые зоны.

Глава 4. Соединения азота и фосфора в аэрозолях города Кишинева

Согласно полученным данным среднее содержание минерального азота в атмосферных осадках составляет 1,03 мг\л, из которых примерно 70% приходится на аммиачную форму. Концентрация минерального фосфора в атмосферных осадках составляет в среднем 0,032 мг\л. Приведенные количественные показатели позволяют рассчитать, что биогенная нагрузка с атмосферными осадками на 1 га городской территории города составляет 6,7 кг для минерального азота и 0,22 кг минерального фосфора.

Глава 5. Величина первичной продукции р.Бык и основных водоемов г. Кишинева

В результате проведенных обследований, наиболее продуктивным водоемом является Гидигичское водохранилище, где величины фотосинтеза оказались самыми высокими. Валовый фотосинтез фитопланктона в поверхностном слое достигал 23,4 мг O₂/л в сутки (табл. 5.1.), но уже на глубине около 2 метров фотосинтез затухает (ввиду слабого поступления солнечного света) и процессы деструкции становятся доминирующими

Таблица 5.1

Интенсивность фотосинтеза в основных водоемах г. Кишинева в мг O₂/л в сутки

Глубина в метрах	Водоем				
	Гидигичское водохранилище	Valea Morilor	Valea Trandafirilor	Rîșcani	La Izvor
0-0,1	23,4	12,1	13,1	11,1	10,2
0,5-0,7	15,1	9,1	9,3	8,9	8,6
1,2-1,5	11,8	8,3	9,1	8,4	7,9
> 2	10,2	7,1	8,4	8,1	7,6

Далее по уровню эвтрофности, стоит озеро Valea Trandafirilor, фотосинтез в котором как и в случае Гидигичского водохранилища затухает на глубине около 2 м. При этом поверхностный фотосинтез в 1,6 раза ниже, чем в Гидигичском водохранилище (14,0 мг O₂/л в сутки. Далее в порядке убывания следуют озеро Valea Morilor, озеро La Izvor, Rîșcani.

Первичная продуктивность р. Бык была исследована на семи станциях в поверхностном слое воды (табл 5.2.)

Таблица 5.2

Величины валовой и чистой первичной продукции р. Бык в пределах г. Кишинева

Станция наблюдения	Валовая первичная продукция (ВПП)	Чистая первичная продукция (ЧПП)
Вход в город	1,05 мг O ₂ /л в сутки	0,83 мг O ₂ /л в сутки 11,7 Дж/л в сутки 0,63 мг орг. в-ва/л в сутки
ул. Оргеевская	0,86 мг O ₂ /л в сутки	0,69 мг O ₂ /л в сутки 9,80 Дж/л в сутки 0,47 мг орг. в-ва/л в сутки
пр. Молодежи	0,89 мг O ₂ /л в сутки	0,71 мг O ₂ /л в сутки 10,1 Дж/л в сутки 0,61 мг орг. в-ва/л в сутки
ул. Измаильская	0,48 мг O ₂ /л в сутки	0,38 мг O ₂ /л в сутки 5,3 Дж/л в сутки 0,26 мг орг. в-ва/л в сутки
Жд вокзал	0	0
выше СБО	0	0
ниже СБО	0	0

Таким образом, в результате проведенных на основных водоемах и р. Бык исследований, можно заключить, что озера и водохранилища города являются водными экосистемами с высокой степенью эвтрофности и значительной продукционной способностью. Что же касается

состояния р. Бык, то исследования по ее продукционной способности показали, что ее состояние является неудовлетворительным ввиду сильного токсического пресса, оказываемого поверхностным стоком с различных функциональных зон города, промышленных предприятий, расположенных в пойме реки и неауторизованными накоплениями бытовых отходов с преобладанием органических загрязнителей.

Глава 6. Воздействие различных концентраций и соотношений азота и фосфора на *GAMMARUS KISINEFFENSIS*

Проведенные эксперименты и анализ динамики численности показал что наиболее интересным интервалом для выявления токсической нагрузки является промежуток с 40 до 70 суток, когда численность тест организмов в контрольных вариантах еще достаточно высока, и это позволяет показать токсическое воздействие различных концентраций и соотношений азота и фосфора на опытные организмы.

При выражении значений общей численности особей в популяциях в процентном отношении к контролю можно более четко проследить изменения параметров популяций под воздействием различных концентраций и соотношений азота и фосфора. Плотность организмов в популяциях при воздействии самых низких концентраций азота и фосфора была близка к таковому в контроле, на протяжении всего периода опыта, иногда снижалось относительно него на 30-40 %. Аналогичным образом менялись показатели и для более высоких концентраций при соотношении азота и фосфора 10 : 0,33 мг/л, 10 : 0,66 мг/л. Эквивалентная концентрация 10 : 1,0 мг/л (при соотношении 10 : 1) в целом характеризуется сходной степенью влияния на численность организмов, лишь в одном случае (экспозиция 50 суток) падение количества особей было значительным и составляло примерно 60 % от контроля. Еще более высокие концентрации азота и фосфора при соотношении 20: 0,65 мг/л, 20: 1,33 мг/л и 20: 2,0 мг/л, значительно снижают численность бокоплавов лишь начиная с пятидесятых суток, а до этого количество животных в этих вариантах также колебалась вокруг контрольного уровня.

Токсическое действие самых высоких концентраций азота и фосфора во всех трех соотношениях 30: 1, 15: 1 и 10: 1, отмечается несколько раньше и, начиная с 20-40 суток численность бокоплавов в этих вариантах стабильно составляла менее 20 % от контроля.

В структурной организации популяций в первые 30 суток опыта, можно отметить, что токсическое действие азота и фосфора в концентрациях 5 : 0,16 мг/л, 10 : 0,33 мг/л (30 : 1),

5 : 0,33 мг/л, 10 : 0,66 мг/л (15 : 1) и 5 : 0,5 мг/л, 10 : 1,0 мг/л (10 : 1) не сказывается на соотношении возрастных групп в интервале 40-70 суток.

Более высокие концентрации азота и фосфора 20: 2,0 мг/л, 40 : 4,0 мг/л при соотношении 10 : 1 приводят к упрощению структуры популяции за счет полной элиминации созревающей молодежи. В растворе с концентрацией азота и фосфора 40: 1,33 мг/л (30: 1) доля ювенильных организмов остается к 70-м суткам также достаточно низкой. Аналогично, раствор с концентрацией азота и фосфора 40: 2,65 мг/л (15: 1) вызывал некоторые структурные изменения в популяциях, отличные от контрольного варианта (рис. 6.1.).

В первый месяц эксперимента изменение скорости роста и удельной скорости роста популяций не носит закономерной зависимости от концентраций токсикантов. Лишь самые высокие концентрации азота и фосфора значительно уменьшают скорость размножения по сравнению с контролем. В интервале 30-60 суток заметно, что удельная скорость роста более информативный показатель чем скорость роста. По этому параметру действие азота и фосфора в соотношении 10 : 1 заметно уже в концентрации 10 : 1,0 мг/л и выше, в соотношении 15 : 1 при концентрации 10 : 0,66 и выше, а в соотношении 30 : 1 - во всех из испытанных концентраций.

Обобщая изложенный в главе материал, отмечаем, что популяционный подход при изучении воздействия различных концентраций азота и фосфора применим и к высшим ракообразным, размножающимся половым путем. Показатели динамики численности популяции, ее возрастное распределение, удельная скорость роста, время удвоения популяции и ее максимально допустимая плотность или репродуктивный потенциал могут служить критериями токсичности различных соотношений и концентраций биогенов в окружающей среде и оказывать воздействие на их биогеохимический цикл. Различная структурно-функциональная организация популяции (размерно-возрастная, половая) определяет степень устойчивости их к токсическому действию различных концентраций и соотношений азота и фосфора. Рассмотренные нами элементы структурно-функциональной организации популяции гаммарид представляют практически адекватное отражение природной качественной структуры биосистемы, что подчеркивает общий характер применяемого нами подхода к оценке геохимических параметров токсического действия поллютантов, который может использоваться практически для всех токсикологических тест-объектов.

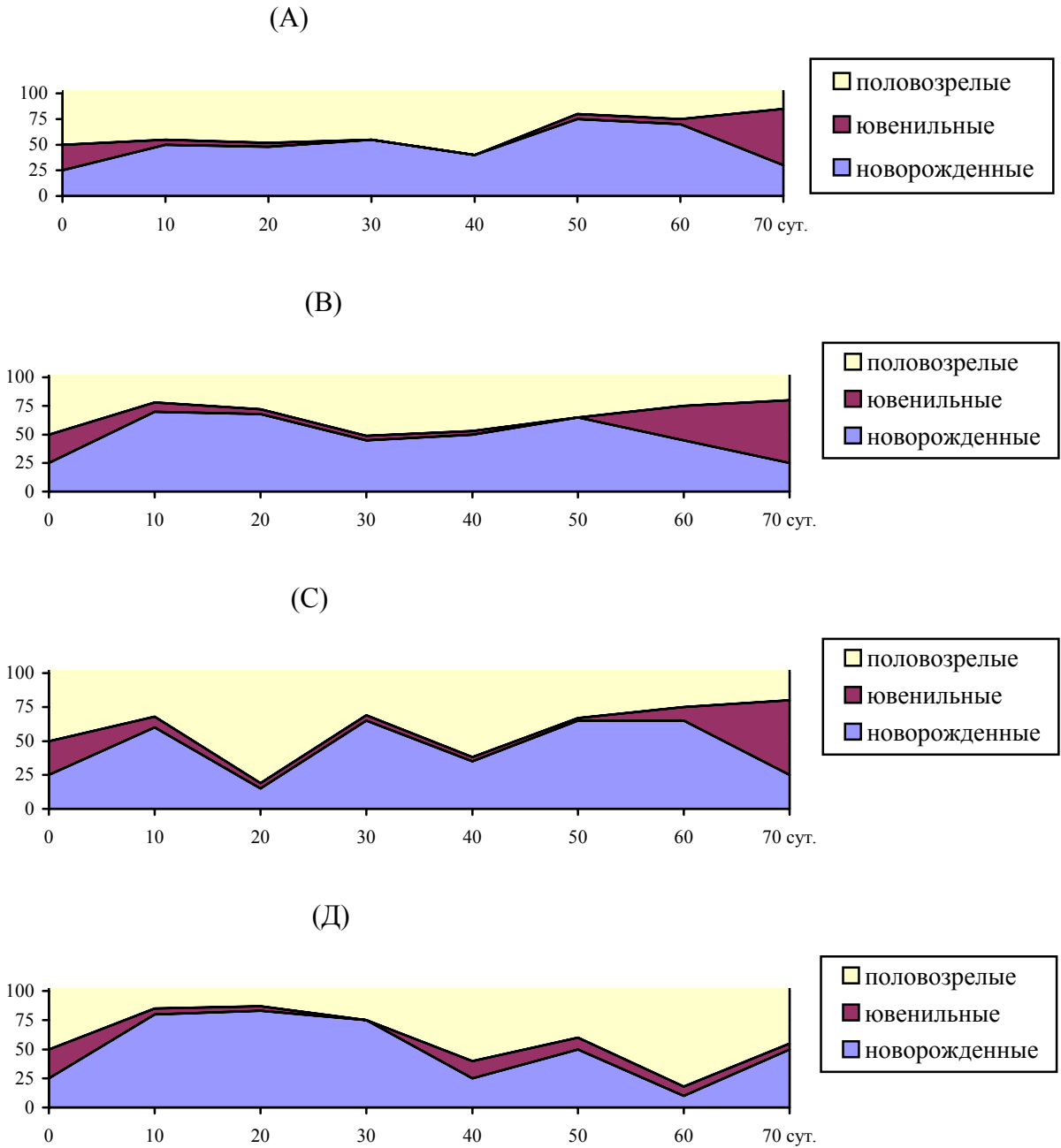


Рис. 6.1. Динамика соотношения возрастных групп бокоплавов в модельных популяциях в различных концентрациях азота и фосфора при соотношении 30: 1 (Общее количество организмов для каждого варианта опыта и экспозиции принято за 100%).

A-контроль; B - при концентрации 5:0,16мг/л; C- при концентрации 10:0,33мг/л; Д- при концентрации 40:1,33мг/л

ВЫВОДЫ:

1. Биогеохимический режим биогенных элементов в городских ландшафтах определяется особенностями использования территорий под различные виды муниципальной, гидрологическим режимом, а также содержанием биогенов в поверхностном стоке.

2. Содержание минеральных форм азота и фосфора на водосборных площадях городских ландшафтов находится на высоком уровне, превышая их содержание в почвах агроландшафтов. В городских ландшафтах органическая форма содержания обоих элементов как в почвах, так и в твердой фазе донных отложений значительно превосходит минеральную составляющую (примерно 80-90%). В поверхностных водах среди минеральных форм преобладает нитратная, в то время как в жидкой фазе донных отложений аммиачный азот составляет примерно 3/4 общего количества минеральных форм. Содержание минерального фосфора в жидкой фазе донных отложений в 10-20 раз (в зависимости от техногенной нагрузки) выше, чем в воде.

3. Поступление азота и фосфора в составе поверхностного стока с различных функциональных зон города является существенным фактором увеличения содержания этих элементов в донных отложениях и водах геохимически подчиненных ландшафтов. Соотношения аммиачного и нитратного азота примерно 1:1, минерального азота к минеральному фосфору примерно 11:1. С атмосферными осадками в окружающую среду города попадает относительно небольшое количество биогенов. Соотношение минеральных форм азота в поверхностном стоке к атмосферным осадкам – 32:1, что указывает на определяющую роль миграции биогенных элементов в геохимическом сопряжении ландшафтов городских экосистем

4. Исследования снежного покрова на территории г. Кишинева, показали, что содержание в нем соединений азота и фосфора примерно на порядок превышают таковые в заповедных территориях. Геохимические параметры снежного покрова позволяют сделать вывод, что талые воды, которые также несут большое количество взвешенного материала являются важным источником поступления биогенов в водные экосистемы и оказывают существенное влияние на их биогеохимический цикл в городских экосистемах.

5. Значительное количество биогенных элементов в городских экосистемах накапливается в донных отложениях геохимически подчиненных ландшафтов. Основная

их часть более 90% находится в виде органических соединений азота и фосфора. Минеральная составляющая содержания обоих биогенов преобладает в жидкой фазе, где она составляет до 60-80% от общего количества. Содержания обоих компонентов в донных отложениях озерных экосистем значительно превышают таковые в текущих водотоках. Минеральные формы обоих биогенов преобладают над органическими также и в поверхностных водах, в поверхностном стоке их соотношение примерно 1:1, как и в атмосферных осадках

6. Исследованные озерные водные экосистемы обладают высокой продукционной способностью по величине фотосинтеза, а также по способности к продуцированию органического вещества. Продукционная способность водных экосистем р. Бык значительно ниже, чем в озерах.

7. Установлено, что в хронических экспериментах (LC_{50} и LT_{50} за 20 дней) каждому из использованных соотношений азота и фосфора (30:1, 15:1 и 10:1) соответствует специфическая картина онтогенетической резистентности гидробионтов и она зависит от концентрации токсиканта, экспозиции и тест-объекта исследований. В ряде случаев гидробионты младших возрастных групп обладают сравнимой, а иногда и более высокой способностью противостоять летальному действию токсикантов, чем организмы более старшего возраста. Однако способность поддерживать в течение относительно длительного времени детоксикационную направленность метаболических процессов вырабатывается по мере их роста и развития. В условиях хронического воздействия всех трех соотношений азота и фосфора, онтогенетический ряд токсикорезистентности бокоплавов выглядит следующим образом (в сторону увеличения): новорожденная молодежь – ювенильные особи – половозрелые рачки.

8. Токсический эффект воздействия различных концентраций и соотношений азота и фосфора на различных этапах процесса размножения бокоплавов приводит к уменьшению количества спаренных особей и яйценосных самок, вызывает повышенную гибель самок после спаривания. В результате суммации воздействия азота и фосфора итог репродуктивного усилия на уровне популяции (популяционная плодовитость) оказывается значительно сниженным в некоторых концентрациях азота и фосфора при различных соотношениях (30 : 1, 10 : 1).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по улучшению эколого-геохимической обстановки в г. Кишиневе:

- Провести мелиоративные мероприятия по удалению иловых отложений в озерах города и р. Бык, а также провести дноуглубительные работы;
- Установить жесткий токсикологический контроль за качеством поверхностного стока, особенно в пойменных участках р. Бык и скопления автотранспорта, а также проводить постоянные санационные работы на территории авторанспортных артерий и территорий прилегающих к промышленным предприятиям;
- На участках, где выявлен высокий уровень токсичности поверхностного стока, провести работы по организации ливневой канализационной сети;
- Увеличить водность реки Бык за счет пропуска $5 \text{ м}^3/\text{сек}$ из Гидигичского водохранилища, обладающим высоким продукционным потенциалом водных экосистем;
- Для выявления техногенной составляющей в балансе биогенных элементов на водосборных площадях городских водоемов, необходимо проводить их постоянный геохимический мониторинг городских экосистем используя при этом сравнительный материал с контрольных участков (заповедные территории расположенные в примерно схожих эколого-геохимических условиях) в соответствии с требованиями водной Директивы Европейского Союза;
- Определить и нанести на карту города зоны техногенного воздействия на окружающую среду, используя данные по накоплению биогенных элементов в снежном покрове.

Список опубликованных работ

1. Халил Джалаби Ахмад. Биогеохимия азота в городских ландшафтах Республики Молдова // Conferința tinerilor savanți ai Academiei de Științe a Moldovei 15 octombrie 2003, Chișinău. p. 39.
2. Халил Джалаби Ахмад. Изучение биогеохимии фосфора в городских экосистемах Республики Молдовы// Conferința tinerilor savanți al Academiei de Științe a Moldovei 15 octombrie 2003, Chișinău. p. 38.
3. Khalil Ahmad. The value of Environmental monitoring data of the development of municipal natural resources management policy// Conferința tinerilor savanți al Academiei de Științe a Moldovei 15 octombrie 2003, Chișinău. p. 36 – 37.
4. Khalil Ahmad. The value of Bic river water monitoring data for the development of management policy// revista „Mediul Ambient” nr. 5 (10) octombrie 2003, Chișinău. p. 13 – 14.
5. D. Drumea, I. Dediu, T. Belous, K. Ahmad. Influence of different rations of nitrogen and phosphors on water organisms // revista „Mediul Ambient” nr.6(11) decembrie 2003, Chișinău. p. 8 – 9.

Rezumat

Khalil Ahmad

Biogeochimia azotului și fosforului în ecosistemele urbane

(pe exemplul municipiului Chișinău)

TEZA DE DOCTOR ÎN ȘTIINȚE BIOLOGICE, CHIȘINĂU, 2004, 95 p., TAB. 6, FIG. 22, BIBLIOGRAFIE 153 TITLURI.

Cuvinte cheie: nutrienți, sarcină biogenă, eutrofizare, ecosistem, toxicitate, sedimente, solul, apă, ontogeneză, populație-model, efect toxic, reproducere, migrația.

Teză de doctor în științe biologice la specialitatea 03.00.16 – ecologie. Institutul Național de Ecologie din Republica Moldova

Pentru dirijarea procesului de eutrofizare a ecosistemelor acvatice este necesară studierea ciclurilor biogeochimice, diferitori coraporturi dintre azot și fosfor în mediul natural al ecosistemelor urbane, cât și a reacțiilor de răspuns a ecosistemelor, în special, și a hidrobionților la diferite concentrații și coraporturi dintre azot și fosfor.

În lucrare sunt prezentate rezultatele cercetărilor experimentale cu privire la estimarea concentrațiilor azotului și fosforului în diferite componente ale mediului din spațiul urban, evaluarea impactului diferitor concentrații și coraporturi ale azotului și fosforului asupra dezvoltării hidrobionților.

Este relevat specificul migrării și acumulării nutrienților în diferite zone funcționale ale mun. Chișinău, impactul diferitor coraporturi de azot și fosfor asupra creșterii organismelor, studiată contribuția diferitor factori de mediu în acumularea nutrienților în ecosistemele urbane, rezistența organismelor la diferite coraporturi ale azotului și fosforului în condiții de toxicitate acută și cronică.

S-a stabilit coraportul dintre formele minerale și organice ale nutrienților în diferite componente ale mediului din ecosistemele urbane, concentrațiile optime dintre azot și fosfor în timpul utilizării maxime a substanței organice. Este dovedită existența factorului reglator al coraportului dintre N : P asupra stării populațiilor de hidrobionți. Este demonstrat că în testele cronice, fiecare coraport dintre azot și fosfor (30:1, 15:1, 10:1), corespunde rezistenței specifice ontogenetice a organismelor determinată de concentrația toxicantului în diferite componente ale mediului.

Se argumentează posibilitatea efectuării metodologiei aplicate în estimarea coraporturilor detectate în diferite componente ale mediului asupra populațiilor model de crustacee superioare. Așa indici populaționali pot fi folosiți ca indicatori ai toxicității soluțiilor.

Summary
Khalil Ahmad
Biogeochemistry of nitrogen and phosphorus in urban ecosystems
(on the example of mun. Chisinau)

THESIS OF PH.D. IN BIOLOGY, CHISINAU, 2004. P. 104, TAB. 6. FIG. 22. BIBLIOGRAPHY
151

Key words: nutrients, biogenic loads, eutrophication, ecosystem, toxicity, sediments, soil, water ontogenez, population model, toxic efect, reproduction, migration.

Dissertation on doctor in biological science, speciality 03.00.16 – ecology. National Institute of Ecology of the Republic of Moldova.

Regulation of the eutrophication process needs studying of the biogeochemical cycles, different ratios of nitrogen and phosphorus in water ecosystems and reaction of hydrobiontes on different ratios and concentrations of these elements.

Recent study presents results of analising of different components of urban on nitrogen and phosphorus, estimation of ratios between mineral and organic forms of these elements, estimantion of migration of nutrients with suprficial runoff from diffrent functional zones of the town, experiments on the evaluation of impact of different ratios and concentrations of nitrogen and phosphorus detected in main components of urban ecosystems on development of tested water organisms. The impact of different ratios of nitrogen and phosphorus is shown on such living functions of tested organisms. Optimal ratio of nitrogen and phosphorus was estimated by survaving of *Gammarus Kishineffensis*. Regulatory factor of water hydrobiontes in approaching ratio of nitrogen and phosphorus to the natural ones was shown.

Chronic tests experiments showed that every ratio of nitrogen and phosphorus (30:1, 15:1, 10:1) coresponds to the specific ontogenis resistens of tested organisms and depends on the concentration of toxicants, duration of experiments.

There was shown possibility of performing used methodology in estimation of different ratios of nutrients detected in components of environment in toxicological experiments on the population model of highest crustacee, which can be characterized with certain specific reaction on toxic load. That is why indicators of population could be used as indicators of the toxicity of solutions