

существенно влияют на круговорот веществ, т. к. деятельность зоопланктеров является важной частью осадкообразования и миграции химических элементов.

Динамика численности кладоцер имеет один максимум, который у всех видов приходится на летние месяцы.

Поскольку ветвистоусые раки входят в рацион многих ценных рыб (сиг, форель, храмуля), то их изучение может быть использовано при выдаче рекомендаций по рациональному использованию рыбных ресурсов озера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Симонян А.А. Зоопланктон озера Севан. Ереван, 1991, 299 с.
  2. Dini M.L., O'Donnell J., Carpenter S.R., Elser M.M., Elser J.J., Daphnia Size structure, vertical migration, and phosphorus redistribution. - Hydrobiologia, 1987, 150, N 2, p. 185-191.
  3. Мешкова Т.М. Закономерности развития зоопланктона в озере Севан. Ереван, 1975, с. 277.
  4. Мануйлова В.Ф. Ветвистоусые раки фауны СССР. М.-Л., 1964, с. 326.
- 

## МЕТОДОЛОГИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ФИТОИНДИКАЦИИ И ТЕХНОГЕННОЙ ДЕНДРОЭКОЛОГИИ

*AREVSHATYAN S., SOGHOMONYAN A.*

Центр эколого-ионосферных исследований НАН РА

В статье рассматриваются общие методологические подходы и концепция использования растительных индикаторов в биогеохимической оценке и прогнозе пространственно-временного распределения техногенного загрязнения в городских экосистемах. Проанализированы основные положения техногенной дендроэкологии.

*Արևշատյան Ս., Սոհոմոնյան Ա. Կենսաերկրաբիմիական ֆիլոփինդիկացիայի և տեխնածին դեմուրուկուզիայի մեթոդաբնություն. Հոգվածում քննարկվում են բուսական ինդիկատորների օգտագործման ընդհանուր մեթոդաբնական մունցումները և կոնցեպցիան՝ բաղկացած էկոհամակարգերի տեխնածին մեթոդաբնական մունցումները և կոնցեպցիան՝ կենսաերկրաբիմիական գնահատման և աղտոտման տարածամանակային կենսաերկրաբիմիական գնահատման և աղտոտման տարածամանակային մեջ: Վերլուծված են տեխնածին դեմուրուկուզիայի հիմնական դրույթները:*

*Arevshatyan S., Soghomonyan A. Methodology of the biogeochemical phytoindication and technogenic dendroecology. In article discuss general methodological approaches and conception of using plant-indicators in biogeochemical estimation and prognosis of the space-timing technogenical pollution of urban ecosystems. There are analizing basic positions of industrial dendroecolody.*

Биологический мониторинг представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений растительного и животного мира в фоновых и загрязненных районах. В этом аспекте одним из специфических методов мониторинга является **биоиндикация** - определение степени антропогенного загрязнения геофизических сред с помощью живых организмов-индикаторов [1-3], жизненные функции которых должны тесно коррелировать с определенными факторами среды [4].

Приоритетная задача биоиндикации и биомониторинга - определение влияния антропогенных стрессов, и в первую очередь промышленного загрязнения, на биологические объекты и экосистемы в целом. Особенна велика роль таких исследований в выявлении негативного влияния загрязнения окружающей среды (ОС) на здоровье людей. Однако количество обобщенных данных, связывающих человека с различными компонентами экосистем (вода, воздух,

почва, растительность и т.д.), весьма ограничено и зачастую разрозненно, поэтому весьма важен анализ результатов исследований по этой проблеме.

Прикладные аспекты биогеохимии как науки в последние годы находят широкое применение в изучении загрязнения ОС. Наиболее перспективным в этом отношении является биогеохимический метод, который первоначально был разработан для поисков месторождений рудных полезных ископаемых. Он основан на определении химических элементов (металлов) в золе органов и частей растений (листья, хвоя, ветви, кора, древесина, корни, плоды). На участках местности, где имеются рудные залежи, в растениях возникают повышенные (аномальные) концентрации металлов по сравнению с их фоновыми содержаниями, т.е. при отсутствии оруденения. Эта общая закономерность, и она установлена практически для всех химических элементов периодической системы Д.И.Менделеева, в том числе радиоактивных ( $U$ ,  $Ta$  и др.), благородных ( $Ag$ ,  $Au$ ,  $Pt$  и др.), токсичных ( $Hg$ ,  $Cd$ ,  $As$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Cr$  и др.). Аномальные концентрации металлов возникают как в дикорастущих, так и в культурных растениях, в том числе и в тех, которые сами или их плоды используются в качестве пищевых продуктов.

Аналогична картина накопления растениями металлов на участках, где образованы так называемые техногенные потоки химических элементов, формирующиеся в местах размещения объектов промышленных производств, обогатительных фабрик, хвостохранилищ, промпредприятий по переработке концентратов руд и т. д. В таких местах компоненты экосистем (почвы, воды, растения, воздух, животные и т. д.) загрязняются тяжелыми металлами (ТМ), в том числе и токсичными, в соответствии со спецификой промышленного производства. Растения здесь являются четкими биоиндикаторами состояния ОС и, следовательно, имеют большое значение в биогеохимическом мониторинге того или иного промышленного узла или горнорудного комплекса.

Таким образом, органы, части и плоды растений, их опад, в частности мхов, лишайников, трав, кустарников, деревьев, а также пищевые (съедобные) продукты леса – грибы, ягоды, орехи, папоротник-орляк, черемша, березовый сок, лекарственные травы, другие дикоросы и культурные растения – овощи, злаки и т.д. после определения в них химических элементов могут быть биоиндикаторами мест локализации рудных залежей соответствующего состава или объективными показателями загрязнения ОС. Полученные результаты анализов интерпретируются, исходя из поставленной задачи, применительно к месту проведения работ.

Источником информации о загрязнении ОС также могут быть и другие биообъекты – торф как продукт преобразования мхов-торфообразователей, мед как продукт переработки нектара растений пчелами, мясо и мясопродукты диких и домашних животных, молоко и молочные продукты, рыба, а также насекомые (бабочки, мухи, жуки, пауки, комары, мошки и др.), перья птиц, копыта, рога, шерсть животных, волосы человека и т.д.

Существующие в настоящее время высокочувствительные аналитические способы определения количественного содержания металлов во всех вышеуказанных биообъектах как растительного, так и животного происхождения позволяют считать биогеохимический метод индикации исключительно перспективным как с точки зрения поисков различного типа рудных месторождений, так и оценки загрязнения ОС различными поллютантами. Поэтому не случайно в последние годы в учении об ОС возникло новое научное направление – техногенная биогеохимия. Имеющиеся методические разработки этого научного направления успешно используются в оценке загрязнения ОС ТМ. Об этом свидетельствуют также полученные нами результаты опыта биогеохимической индикации техногенных потоков металлов в г. Ереване [5-7].

Накопление токсикантов в почвах и растениях зависит от концентрации токсических газов в атмосферном воздухе, их количестве, продолжительности действия, природно-климатических факторов. Загрязнение атмосферного воздуха и почвы промышленными выбросами, и особенно ТМ, ведет к накоплению их в растениях. Согласно В.И. Вернадскому [8], все организмы, в том числе и растения, являются концентраторами рассеянных веществ вне зависимости от того, находятся эти вещества в воздухе или почве. Растения, по мнению В.И. Вернадского, - наиболее могущественная сила биогеохимических процессов трансформации веществ в биосфере. Поглощая химические элементы из почвы, почвообразующих пород, грунтовых вод и атмосферы, растения перемещают их из одних компонентов ландшафта в другие, резко изменяя скорость их круговорота в природе. Кроме того, огромная преобразовательная роль растений заключается в том, что они изменяют формы нахождения элементов в ОС. Если в растения элементы поступают в виде

неорганических ионов, то в них они превращаются и возвращаются в почву в виде органоминеральных комплексов, в связи с белками и другими органическими соединениями, обладая новыми качествами и более активными свойствами.

Химический состав растений является лабильной величиной, на которую влияет большое количество одновременно действующих факторов. Поэтому количественная оценка значимости отдельных факторов и выявление основных причин, приводящих к определенному химическому составу изучаемых растений, - весьма сложное дело. В наиболее общем виде основные факторы формирования химического состава растений – генетический и экологический, т.е. уровень содержания элементов в питающей среде.

Количество ТМ в растениях и формы их соединений в них определяются физико-химическими свойствами элемента, биологической спецификой растений и физиологической ролью элементов, а также их содержанием в основных составляющих биосфера (почвообразующих породах, почвах, водах и фитослое воздуха), которые служат основными источниками элементов для растений.

Источником элементного питания растений служат твердая (почва, порода), жидккая (грунтовые и атмосферные воды, почвенные растворы) и газообразная (атмосфера, почвенный воздух) фазы внешней среды. Поэтому при анализе формирования микроэлементарного баланса растений необходим учет поступления элементов из трех фаз внешней среды, поскольку при определенных условиях каждый из этих источников может являться основным в накоплении растениями ТМ. Количественная оценка вклада различных фаз внешней среды в накопление ТМ растениями может быть сделана в том случае, если известны все остальные источники их поступления в растения, содержание элементов в них и интенсивность поглощения их растениями из этих источников.

Четким и адекватным критерием оценки техногенного потока является коэффициент биологического поглощения (КБП, или  $A_x$ ) Польнова-Перельмана [9] растениями. Величина КБП характеризует избирательную способность и интенсивность поглощения элемента и выражается отношением содержания его в золе растения к содержанию его в почве. Однако фактически КБП характеризует интегральную величину поглощения элемента из различных компонентов почвы и не позволяет оценить роль каждого из них в отдельности в накоплении элементов растениями. Кроме того, КБП предполагает, что единственный источник поступления элемента в растения – почва.

Для оценки значимости отдельных компонентов почвы, которые могут вносить вклад в накопление элементов растениями, перспективно использование таких биогеохимических параметров, как растительно-газовый (РГК), растительно-водный (РВК) и растительно-почвенный (РПК) коэффициенты, равные отношениям содержания элемента в растении и в соответствующей среде при условии, что она является единственным источником поступления элемента [10, 11]. Эти коэффициенты могут служить характеристиками биологической доступности элементов питания для растений в исследуемых средах.

Однако использование этих биогеохимических параметров по отношению к ТМ при изучении накопления их растениями в природных, и тем более техногенных, условиях связано с определенными трудностями. Дело в том, что поглощение ТМ растениями происходит как из почвы, так и из атмосферы, причем соотношение этих путей изменяется в течение вегетации. Следовательно, использование РПК возможно лишь в начальный период роста растений, когда практически все минеральное питание происходит из почвенных растворов. На поздних фазах роста соотношение концентраций ТМ в растениях и в почве отражает интегральную величину аккумуляции ТМ из почвы и из атмосферы. Показатель РВК может эффективно использоваться в исследованиях поглощения и накопления ТМ водными растениями.

В практике биоиндикации загрязнения ОС ТМ могут быть широко использованы другие способы как разновидности биогеохимического метода, основанные на биообъектах опробования: фитогеохимический – наиболее распространенный, сущность его заключается в определении ТМ в золе высших сосудистых растений; торфогеохимический – определение ТМ в золе торфов и мхов-торфообразователей; бриогеохимический – определение ТМ в золе водных мхов; лихеногеохимический – определение ТМ в золе лишайников; гумусогеохимический – определение ТМ в пробах из гумусового горизонта почв; метод (способ) лесной подстилки – определение ТМ в образцах лесной подстилки; криобиогеохимический – определение ТМ в

органических растительно-гумусовых примесях, выделенных из льда наледей, формирующихся в районах расположения горнорудных промышленных объектов.

Система методов фитоиндикации загрязнения городских ландшафтов и состояния растительности разработана достаточно полно, однако большинство исследований проведено в условиях лесной зоны и равнинной местности. Определенные затруднения возникают при проведении этих работ на урбанизированных горных ландшафтах, в частности, в городах Армении, где отсутствуют либо сильно изменены естественные фитоценозы. Одновременно в городах нет комплекса типичных лесных почвенно-климатических условий.

Решение некоторых методологических вопросов фитоиндикации загрязнения городской среды и состояния растительности возможно на основе тематически близких исследований, ориентированных на изучение адекватного металлоглутотельного потенциала и геохимической специализации растений, влияния на них промышленных поллютантов и механизмов их устойчивости.

Фитоиндикацию ОС и состояния наземных экосистем целесообразно вести преимущественно с использованием продуцентов, а не консументов, поскольку роль первых в биогеохимическом функционировании экосистем составляет более 80%.

В силу этих обстоятельств необходимы разработки новых и модификация классических методов фитоиндикации загрязнения среды и состояния растительности для использования как в лесных, так и городских насаждениях.

Нами изучено влияние разного уровня загрязнения среды на адекватность металлоглутотельного потенциала древесных растений и лишайников в условиях техногенного загрязнения ландшафтов г. Еревана ТМ [5-7, 12, 13].

Источником загрязнения ОС г. Еревана ТМ является целый ряд промышленных предприятий и автотранспорт. Значительная часть предприятий в черте города пространственно расположена с подветренной стороны к густонаселенным районам. В связи с этим становится важной проблема определения очагов загрязнения ТМ. Данные наших исследований по биомониторингу загрязнения ОС г. Еревана ТМ посредством показателей накопления ТМ в листьях древесных растений (*Fraxinus excelsior* L., *Populus alba* L., *Robinia pseudoacacia* L.) позволили разделить территорию города на 4 зоны:

- I – зона максимального загрязнения;
- II – зона сильного загрязнения;
- III – зона среднего загрязнения;
- IV – зона слабого загрязнения.

Лишайники представляют собой более удобный объект для фитоиндикации не только с помощью методов лихенометрии, но и аккумулятивной индикации. Их можно собирать на большом количестве пробных площадок и с большой частотой по трансектам. Коллекцию их можно длительное время хранить в лаборатории и в любое время анализировать. Методика лихеноиндикации позволяет одновременно проводить исследования на нескольких тривиальных и космополитных видах на изучаемой территории. У лишайников в условиях г. Еревана в сравнении с фоном резко возрастает биогеохимическая активность накопления ТМ, однако у отдельных видов отмечается индивидуальная селективность: *Ph. pulvurulenta* - Ag и Sn; *X. parietina* - Cu; Mo, Cr, Ni, Pb – все 3 вида, а по V - *Ph. pulvurulenta* и *X. parietina*.

Исследования поглотительного потенциала растений позволяют проводить подбор ассортимента толерантных видов для формирования функциональных санитарно-защитных фитофильтрационных полос-барьеров и установления нормативов озеленения в радиусе действия промышленных объектов с учетом характера эмиссии выбросов и степени загрязнения прилегающих территорий, т.е. служат базой для разработки принципов функционального озеленения территорий с подбором газопылеустойчивого ассортимента растений.

Используя способность биоты (растений, лишайников и др.) адекватно накапливать весь комплекс имеющихся в ОС поллютантов за длительный период времени, становится возможным:

- проведение экспрессивной экоэкспертизы любой территории в кратчайшие сроки, а также сокращение затрат на инструментальные измерения состояния загрязнения отдельных геофизических сред (атмо-, педо- и гидросфера) и получение комплексной картины загрязнения;

- разработка комплекса целенаправленного проведения работ по отбору определенных видов и культур для оценки и прогноза процесса загрязнения техногенных и урбанизированных ландшафтов, определение перспектив природоохранных мероприятий.

Поскольку основной интерес представляет пространственное распределение явлений и процессов, то наиболее информативным способом представления получаемых параметров является картирование.

Имеется несколько типов фитоиндикационных карт:

1. По распространению отдельных видов, коррелирующих с показателями загрязнения среды.
2. Карты эпифитной растительности.
3. Карты на основе синтетических интегральных количественных показателей: индекс полеотолерантности Х.Х. Трасса (I.P.); индекс чистоты атмосферы Де Слувера и Леблана (IAP).
4. Картографическое моделирование, где исходными данными служат определенная метеорологическая ситуация, характер подстилающей поверхности и характеристики эмиссии. Сопоставление этих результатов с таковыми по биоиндикации делает возможным проведение картографического моделирования распространения загрязнения [14, 15].

### *Влияние пыли на растительность*

Одним из критериев, определяющих долговечность, декоративные свойства, почвозащитную, водорегулирующую, климатическую роль зеленых насаждений в условиях индустриальной среды, является их устойчивость к действию фитотоксикантов.

Наряду с многочисленными данными о негативном влиянии промышленных выбросов на растительный и животный мир имеется ряд работ по фильтрационным и детоксическим свойствам растений в отношении различных поллютантов [16-19]. Поэтому при разработке и принятии мер по охране природы на индустриальных урбанизированных территориях необходимы детальные исследования потенциальных биологических возможностей растений для прогноза и невелирования загрязнения ОС.

Способность растений очищать атмосферный воздух от пыли исследовалась многими авторами. Установлено, что пылезадерживающая способность растений зависит от их биологической специфики (опущенности листа, клейкости, наличия воскового налета), количества и характера выпадающих за вегетацию осадков, ветрового режима и других факторов. Следует отметить, что большинство публикаций по пыленакоплению растений приурочено к условиям цементных заводов, в том числе и в Армении [16].

Разные виды растений обладают индивидуальным пылеосадительным потенциалом (количество пыли на единицу площади), который варьирует в разные периоды вегетации. Это обусловлено интенсивностью пылевого прессинга в приземных слоях атмосферного воздуха, погодными условиями, состоянием листьев и другими факторами. Лист в течение вегетации морфологически не константен: с возрастом изменяется его плотность, влажность, клейкость, увеличивается морщинистость (особенно в условиях загрязнения). Несмотря на колебания показателя запыленности листьев, наибольшее количество пыли на них наблюдается к концу вегетации.

Наряду с высокой значимостью исследований физико-химического влияния фитотоксикантов на устойчивость ассимиляционного аппарата растений особо важно (с санитарно-гигиенической точки зрения) изучение количества осаждаемой из воздуха пыли как посредством фильтры, так и за счет ее осаждения на землю в результате изменения в лесных насаждениях силы, скорости и направления движения воздушных масс.

В исследованиях профессора О.А. Джугарян [16] установлено существенное отличие характера запыления в условиях урбанизированного промышленного центра по сравнению с цементными заводами. Поскольку на металлургических заводах основная доля пыли поступает в атмосферу через заводские трубы, то территория эмиссии оказывается значительной. В приземном слое воздуха на промплощадках заводов и крупных автомагистралях пылевое загрязнение имеет место главным образом от неорганизованных выбросов. Последние при ветровом перемещении

активно задерживаются зелеными насаждениями санитарно-защитных зон. Пылевые частицы, содержащиеся в воздухе во взвешенном состоянии, оседают на филоплану растений под воздействием гравитационных и электрических сил или прилипания. Осевшая на листья пыль оказывает на них разностороннее влияние, которое можно подразделить по характеру действия на физическое и химическое. Физическое действие пыли проявляется прежде всего в образовании чехла, препятствующего нормальному тепло- и влагообмену листа с атмосферой и уменьшающему интенсивность доступного для растений света.

Химическое действие пыли определяется ее составом, количеством и фитотоксичностью. Оно проявляется сильнее при содержании в пыли разнообразных соединений. Способность поглощать и включать в метаболизм осевшие на филоплане различные соли подтверждена многими опытами [17].

Наибольший вред растениям пыль наносит в условиях резкого континентального климата, поскольку за основной период вегетации не происходит смыва с филопланы осевших частиц и адсорбированных поверхностными тканями инградиентов.

Из твердых пылевых частиц наиболее токсичны для растений соли ТМ, содержащиеся в выбросах автотранспорта, ТЭЦ, предприятий цветной и черной металлургии, из коих в Ереване широко распространены соединения Pb (за последние годы в основном за счет использования этилированного бензина), Fe, Cu, Co, Ni, Cd, Hg (в промышленных зонах).

Исследования в г. Ереване проводились в южной и северной зонах, для которых характерен синергизм выбросов от нескольких источников загрязнения воздуха. Растения этих зон имеют ряд отличительных особенностей:

южная зона (S) – наличие толстого слоя пыли и сажи, а также смолистого налета, очаговое побурение и светлые некротические пятна на филоплане;  
северная зона (N) – сильная запыленность и ржаво-бурая окраска верхушек листьев.

На рис. 1 приведены данные по динамике пылеосаждения на филоплане растений на различных расстояниях от промышленных и автотранспортных очагов. Как видно, наибольшее количество пыли осаждается на растениях, произрастающих на территории заводов и на удалении 0,5-2 км. Основные локальные очаги наблюдаются в южной зоне города вследствие присутствия выбросов ТЭЦ.

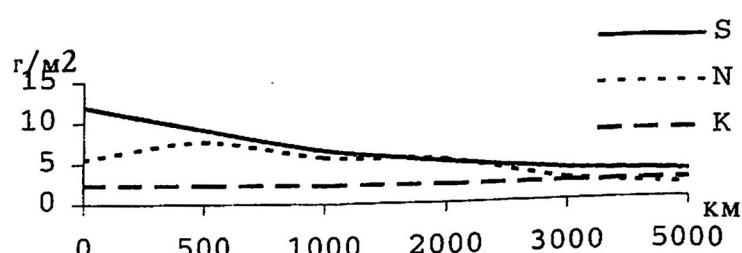


Рис. 1. Динамика пылеосаждения на филоплане растений.  
S – южная и N северная зона, K – контроль (Джрвеж).

Приведенные материалы свидетельствуют, что в условиях промышленного загрязнения ОС зеленые насаждения, задерживая и осаждая атмосферную пыль, способствуют ее значительному оздоровлению.

#### *Устойчивость растений и некоторые принципы техногенной дендроэкологии*

Решение узловых индустриально-экологических вопросов служит базисом эколого-эволюционной оценки техногенных факторов, прогнозирования "первых шагов" растений в новую среду и создания промышленного фитофльтра. В этом аспекте антропогенные популяционные

волны и феномен преадаптации – принципиально важные положения в изучении приспособления древесных растений к условиям, измененным индустриализированной производственной деятельностью человека.

Это обусловлено необходимостью специального изучения изменений, происходящих в популяциях и биоценозах под влиянием производственной деятельности. Поскольку последняя сильно индустриализирована, то организмы и их местообитания подвергаются воздействию факторов, значительно отличных от природных. Техногенная обусловленность многих современных антропогенных факторов привела к столь сильному изменению условий существования, что стало возможным выделять такие экологически своеобразные среды, как гидротехническая (в сфере влияния водохранилищ, осушительной мелиорации и орошения), урбанизированная (в городах) и промышленная (на территориях и в окрестностях заводов, рудников, электростанций и др.). Изучение этих сред обитания растений и взаимоотношений между ними является предметом *техногенной дендрэкологии* - особого раздела *дендрэкологии, промышленной ботаники* [21] и *индустриальной биогеоценологии* [22].

Индустриально-экологические исследования в настоящее время направлены прежде всего на разработку теории и методов: 1) эколого-эволюционной оценки техногенных факторов; 2) прогнозирования “первых шагов” вида в новую среду; 3) создания промышленного фитофильтра.

Одним из важных понятий индустриально-экологического плана является *техногенез* – связанный с производственной деятельностью обширная совокупность геохимических процессов, сопровождающихся извлечением из ОС, концентрацией и перегрузкой ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений и их вторичное рассеивание [23]. Но совокупность геохимических процессов не может не сочетаться с изменениями физических параметров ОС. Поэтому техногенез представляется как динамичный функциональный комплекс разнообразных по физико-химическому содержанию техногенных факторов.

Для существования растений в техногенных условиях основной фактор – это синергизм доминантных природных макрофакторов и новых физико-химических факторов. Последние обладают спецификой опосредованного или непосредственного воздействия на морфогенез, физиологию, генотип и в целом на генофонд популяций растений.

При механизированных лесозаготовках, подтоплении и затоплении в зоне водохранилищ, использовании пестицидов, транспортных и заводских экскаваторах, рекреации лесообразующие виды, и особенно хвойные, подвергаются отрицательным воздействиям. Это выражается в разрушении межпопуляционных связей и раздроблении популяций на отдельные группы особей и клонов, а также разрушении консортивных связей и конкурентных отношений и создании, в результате массового размножения отдельных видов, новых биоценотических связей; в результате порождении новых поколений и популяций резко возрастает роль принципа основателя [24].

Решение этих задач определяет успех принятия превентивных мер по защите популяций и лесных биоценозов от влияния техногенеза, фитомелиорации и оздоровлению техногенных ландшафтов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биоиндикация в городах и пригородных зонах. - Сб. науч. ст. РАН, Ин-т эволюц. морфологии и экологии животных. Отв. ред. Д.А. Криволуцкий. М.: Наука, 1993, 112 с.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир, 1988, 350с.
3. Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991, 288 с.
4. Verkleij, J.A.C. Strategies of higher plants to Adaptation of Excess Amounts of heavy metals. - Book of Abstracts 2<sup>nd</sup> International Conference: “Trace Elements – Effects on Organisms and Environment”, Cieszyn, Poland, 1998, p. 10.
5. Аревшатян С.Г. Лихеноиндикация техногенного загрязнения севера г. Еревана. - Сб. науч. тр. ЦЭНИ НАН РА “Вопросы экологии и охраны окружающей среды”, т. 2, деп. в АрмНИИТИ 01.05.96, N 90-Ар96. Ереван, 1996, с. 84-87.
6. Аревшатян С.Г. Опыт фитоиндикации техногенного загрязнения городского ландшафта. - Вопросы современной ботаники и микологии. Сб. статей, посвящ. 75-летию кафедры ботаники ЕГУ. Ереван: ЕГУ, 1999, с. 38-40.

7. Арёвшатян С.Г. Система фитоиндикации и картирования загрязнения городского ландшафта тяжелыми металлами. - Тез. II Международ. совещ. "Геохимия биосферы", посвящ. памяти проф. А.И. Перельмана (1916-1998), 18-21 мая 1999. Новороссийск, Россия, с. 207-208.
8. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы земли и ее окружения. М., 1965, 374 с.
9. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., 1966, 392 с.
10. Ковалевский А.Л. Особенности формирования рудных биогеохимических ореолов. Новосибирск, 1973, 114 с.
11. Ковалевский А.Л. Биогеохимические поиски рудных месторождений, 2-е изд. М., 1984, 172 с.
12. Arevshatyan, S.H. On the problem of using the lichens in man-made environmental pollution biomonitoring. - Flora, vegetation & vegetation resources of Armenia, 12. – Yerevan: 1999, p.80-81.
13. Arevshatyan, S.H. Some lichens as bioindicators of man-made contamination of Yerevan. - Abstracts of the republic scientific conference: "Environmental contamination with heavy metals". - Yerevan: CENS NAS RA ,1996, p. 99-100.
14. Мартин Ю.Л. Лихеноиндикационное картирование загрязнения атмосферного воздуха. - Междунар. школа по лихеноиндикации. – Таллин: АН ЭССР, 1984, с. 15-34.
15. Мартин Л., Энсаар А. Лихеноиндикация и математическое моделирование распространения двуокиси серы на территории Таллина. - Изв. АН ЭССР. Биол. – Таллин: 1983, 32, 3, с. 206-215.
16. Джугарян О.А. Разработка системы экологической оценки и биомониторинга техногенного загрязнения экосистем промышленных районов Армении. - Автореф. дис. ... доктора биол. наук. - М., 1990, 46 с.
17. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. Киев: Наукова думка, 1971, 145 с.
18. Кулагин А.Ю. Ивы: техногенез и проблемы оптимизации нарушенных ландшафтов. Уфа: Гилем, 1998, 193 с.
19. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974, 124 с.
20. Георгиевский А.Б. Проблема преадаптации (историко-критическое исследование). Л.: Наука, 1974, 148 с.
21. Тарчевский В.В. О выделении новой отрасли ботанических знаний – промышленной ботаники. - Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск: УФАН СССР, 1970, с. 5-9.
22. Лавренко Е.М. Основные проблемы биоценологии и задачи биоценологических исследований в СССР. - Журнал общ. биол., 1971, 32, N4, с. 395-408.
23. Глазовская М.А. Техногенез и проблемы ландшафтно-геохимического прогнозирования. - Вестник МГУ, сер. географ. М.: 1972, N1, с. 30-36.
24. Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968, 597 с.